

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-264825

(43)Date of publication of application : 26.09.2001

(51)Int.Cl. G02F 1/313
G02F 2/02
H04B 10/00
H04L 12/56
// G02F 1/365

(21)Application number : 2000-074305

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 16.03.2000

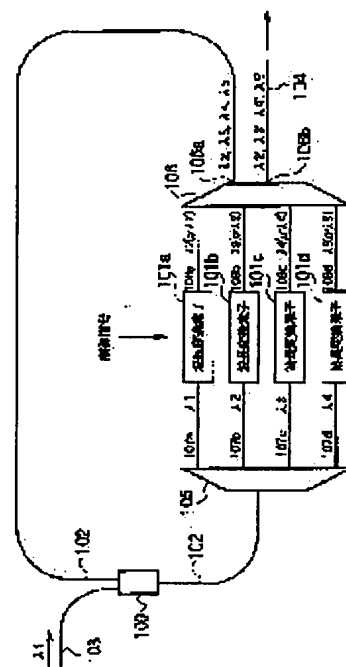
(72)Inventor : SAKAMOTO TAKASHI
MATSUOKA SHIGETO
NOGUCHI KAZUTO
OKADA AKIRA
KATO KAZUTOSHI
SAKAI YOSHIHISA
ITO TOSHIO

(54) OPTICAL PACKET BUFFER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To remove instability caused by oscillation by avoiding the going around of the same wavelength by using a wavelength transducer, to realize miniaturization and integration, and to provide an optical packet buffer which can deal with also the packet with an arbitrary length.

SOLUTION: Signal light from an optical waveguide 103 for input and signal light from a delay loop optical waveguide 102 are multiplexed with an optical coupler 109, are inputted in an array waveguide grating 105 for optical demultiplexing to be branched. Signal light is then outputted to a prescribed output port according to the wavelength of signal light, and is inputted in each wavelength transducer 101a-d. The wavelength of each signal light is transformed into a first wavelength or second wavelength by each wavelength transducer, and the signal light from each wavelength transducer is multiplexed by an array waveguide grating 106 for optical multiplexing. The signal light of the first wavelength is outputted to the delay loop optical waveguide 102, and the signal light of the second



wavelength is outputted to the optical waveguide 104 for output.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3566172

[Date of registration] 18.06.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The optical path for an input as which signal light is inputted, and the delay loop-formation optical path which delays signal light, The signal light from the outgoing end of the optical path for an output which outputs signal light, and a said optical path for an input and said delay loop-formation optical path is inputted. It is the optical packet buffer which has an optical-path change means to output signal light to the input edge of said delay loop-formation optical path, or said optical path for an output. Said optical-path change means A spectral separation means to have two or more output ports, to separate spectrally the signal light inputted from the outgoing end of said optical path for an input, and said delay loop-formation optical path, and to output to a predetermined output port according to the wavelength of signal light, Two or more wavelength sensing elements changed into the 2nd wavelength for connecting with each of two or more output ports of this spectral separation means, and changing into the 1st wavelength for outputting the wavelength of the signal light outputted from this output port to the input edge of said delay loop-formation optical path, or outputting to said optical path for an output, Multiplex the signal light outputted from these two or more wavelength sensing elements, and when the wavelength of signal light is said 1st wavelength, it outputs to the input edge of said delay loop-formation optical path. The optical packet buffer characterized by having a multiplexing means to output to said optical path for an output when the wavelength of said signal light is said 2nd wavelength.

[Claim 2] The optical packet buffer according to claim 1 characterized by having an input-side multiplexing means to multiplex that it is prepared in the input side of said spectral separation means, and the signal light from said optical path for an input and the signal light from the outgoing end of said delay loop-formation optical path should be inputted into said spectral separation means.

[Claim 3] Said input-side multiplexing means is an optical packet buffer according to claim 2 characterized by having an optical packet insertion circuit possessing the Mach TSUENDA interference system with which the diffraction grating set as the wavelength of the signal light from said optical path for an input and this diffraction grating were prepared for reflected wave length by the arm.

[Claim 4] As for said input-side multiplexing means, the signal light from said optical path for an input is inputted into the 1st input port. The signal light from the outgoing end of said delay loop-formation optical path is inputted into the 2nd input port. It is multiplexed in the signal light inputted from said 1st and 2nd input port. The optical packet buffer according to claim 2 characterized by being prepared in the 2nd input port of the circulator outputted from an output port, and this circulator, and reflected wave length having an optical packet insertion circuit possessing the diffraction grating set as the wavelength of the signal light from said optical path for an input.

[Claim 5] Said input-side multiplexing means is an optical packet buffer according to claim 2 characterized by having an optical packet insertion circuit possessing the array waveguide grid for optical spectral separation which separates spectrally the signal light from the outgoing end of said delay loop-formation optical path, and the array waveguide grid for optical multiplexing which multiplexes the signal light from said optical path for an input, and the signal light from said array waveguide grid for optical spectral separation.

[Claim 6] The optical path for an input as which signal light is inputted, and the delay loop-formation optical path which delays signal light, The signal light from the outgoing end of the optical path for an output which outputs signal light, and a said optical path for an input and said delay loop-formation optical path is inputted. It is the optical packet buffer which has an optical-path change means to output

signal light to the input edge of said delay loop-formation optical path, or said optical path for an output. Said optical-path change means A spectral separation means to have two or more output ports, to separate spectrally the signal light inputted from the outgoing end of said delay loop-formation optical path, and to output to a predetermined output port according to the wavelength of signal light, Two or more wavelength sensing elements changed into the 2nd wavelength for connecting with each of two or more output ports of this spectral separation means, and changing into the 1st wavelength for outputting the wavelength of the signal light outputted from this output port to the input edge of said delay loop-formation optical path, or outputting to said optical path for an output, The signal light outputted from these two or more wavelength sensing elements and the signal light from said optical path for an input are multiplexed. The optical packet buffer characterized by having a multiplexing means to output to the input edge of said delay loop-formation optical path when the wavelength of signal light is said 1st wavelength, and to output to said optical path for an output when the wavelength of said signal light is said 2nd wavelength.

[Claim 7] The 1st wavelength of the wavelength sensing element connected to the Mth output port of said spectral separation means is an optical packet buffer according to claim 1 to 6 characterized by being the wavelength of the signal light outputted from the M+1st output ports.

[Claim 8] Said delay loop-formation optical path is an optical packet buffer according to claim 1 to 7 characterized by having the optical amplifier which amplifies signal light.

[Claim 9] An optical packet buffer is an optical packet buffer according to claim 1 to 8 characterized by accumulating a flat-surface guided wave mold optical circuit substrate.

[Claim 10] Said spectral separation means is an optical packet buffer according to claim 1 to 9 characterized by having an array waveguide grid for optical spectral separation.

[Claim 11] Said multiplexing means is an optical packet buffer according to claim 1 to 10 characterized by having an array waveguide grid for optical multiplexing.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the optical packet buffer applied to lightwave transmission systems, such as optical communication, optical exchange, and optical information processing, optical LAN, etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] The advancement of optical packet transmission is expected as the lightwave transmission system (WDM system) using wavelength multiplexing progresses. Buffering of an optical packet poses a problem here. In transmission of an ATM packet or an IP packet, the so-called buffering used in order to transmit after saving a packet temporarily and canceling a collision and congestion when routing of two or more packets is carried out to the same destination as coincidence and they cause a collision, or when the routing point has started congestion is performed.

[0003] There is an optical packet buffer using the fiber delay line as an optical packet buffer which accumulates only desired time amount with light, without changing an optical packet into an electrical signal. That is, the transmission time in a fiber is used as memory, and memory time amount is decided by fiber length.

[0004] Drawing 15 is drawing showing a gone type light packet buffer. For an optical amplifier and 803, in this drawing, the gone type light delay line and 804 are [801 / a space switch and 802 / the optical input section and 805] the optical output sections. In this conventional example, the die length of the gone type light delay line 803 is beforehand set as the die length of one optical packet. For example, the die length of the optical packet of 10Gbps and 500Byte amounts to about 80m in a fiber. A space switch 801 is changed and only a desired time delay (memory time amount) is made to go around with the control signal from a packet control circuit. For example, in order to delay this packet by M packet, after taking M round, it will take out from the optical output section 805.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Also at the lowest, the optical packet buffer by the conventional fiber delay line mentioned above needed to prepare the fiber of the die length for one packet, its numbers and amounts of optical components, such as an optical fiber, tended to increase, and a miniaturization and integration were difficult for it. Moreover, since input **** of an optical amplifier is connected by the loop formation, an optical amplifier tends to become a lifting and the very unstable system which becomes empty about an oscillation. Furthermore, all the optical packets to treat need to be the same die length, and an arbitration length packet like an IP packet had the fault that it could not respond again.

[0006] The place which this invention was made in view of the above, and is made into the purpose avoids the circumference of the same wavelength using a wavelength sensing element, removes the instability by oscillation, attains miniaturization and integration, and is to offer the optical packet buffer which can respond also to the packet of arbitration length.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, this invention according to claim 1 The optical path for an input as which signal light is inputted, and the delay loop-formation optical path which delays signal light, The signal light from the outgoing end of the optical path for an output which outputs signal light, and a said optical path for an input and said delay loop-formation optical path is inputted. It is the optical packet buffer which has an optical-path change means

to output signal light to the input edge of said delay loop-formation optical path, or said optical path for an output. Said optical-path change means A spectral separation means to have two or more output ports, to separate spectrally the signal light inputted from the outgoing end of said optical path for an input, and said delay loop-formation optical path, and to output to a predetermined output port according to the wavelength of signal light, Two or more wavelength sensing elements changed into the 2nd wavelength for connecting with each of two or more output ports of this spectral separation means, and changing into the 1st wavelength for outputting the wavelength of the signal light outputted from this output port to the input edge of said delay loop-formation optical path, or outputting to said optical path for an output, Let it be a summary to have a multiplexing means to multiplex the signal light outputted from these two or more wavelength sensing elements, to output to the input edge of said delay loop-formation optical path when the wavelength of signal light is said 1st wavelength, and to output to said optical path for an output when the wavelength of said signal light is said 2nd wavelength.

[0008] If it is in this invention according to claim 1, separate spectrally the signal light from the optical path for an input, and the signal light from a delay loop-formation optical path with a spectral separation means, and it outputs to a predetermined output port according to the wavelength of signal light. Input into each wavelength sensing element and the wavelength of each signal light is changed into the 1st wavelength or 2nd wavelength by each wavelength sensing element. Since the signal light from each wavelength sensing element is multiplexed with a multiplexing means, the signal light of the 1st wavelength is outputted to a delay loop-formation optical path and the signal light of the 2nd wavelength is outputted to the optical path for an output, Even if one optical packet laps spatially, wavelength can surely shift, it cannot be mixed and the die length of a delay loop-formation optical path can be made shorter than the die length of one optical packet, and it can miniaturize, and can respond also to an arbitration length packet further.

[0009] Moreover, in invention according to claim 1, this invention according to claim 2 is prepared in the input side of said spectral separation means, and makes it a summary to have an input-side multiplexing means to multiplex that the signal light from said optical path for an input and the signal light from the outgoing end of said delay loop-formation optical path should be inputted into said spectral separation means.

[0010] If it is in this invention according to claim 2, since it multiplexes with an input-side multiplexing means and the signal light from the optical path for an input and the signal light from a delay loop-formation optical path are inputted into a spectral separation means, the configuration of a spectral separation means can be simplified.

[0011] Furthermore, in invention according to claim 2, as for this invention according to claim 3, said input-side multiplexing means makes [reflected wave length] it a summary to have an optical packet insertion circuit possessing the Mach TSUENDA interference system in which the diffraction grating set as the wavelength of the signal light from said optical path for an input and this diffraction grating were prepared by the arm.

[0012] If it is in this invention according to claim 3, an input-side multiplexing means reflects the signal light from the optical path for an input by the diffraction grating, multiplexes with the signal light from a delay loop-formation optical path into which this reflected input signal light was inputted by the Mach TSUENDA interference system, and is inputted into a spectral separation means.

[0013] This invention according to claim 4 is set to invention according to claim 2. Said input-side multiplexing means The signal light from said optical path for an input is inputted into the 1st input port, and the signal light from the outgoing end of said delay loop-formation optical path is inputted into the 2nd input port. It is multiplexed in the signal light inputted from said 1st and 2nd input port. It is prepared in the 2nd input port of the circulator outputted from an output port, and this circulator, and let it be a summary to have the optical packet insertion circuit where reflected wave length possesses the diffraction grating set as the wavelength of the signal light from said optical path for an input.

[0014] If it is in this invention according to claim 4, an input-side multiplexing means reflects the signal light from the optical path for an input inputted into the 1st input port of a circulator by the diffraction grating of the 2nd input port, multiplexes with the signal light from the outgoing end of a delay loop-formation optical path into which this reflected signal was inputted in the 2nd input port, outputs it from an output port, and is inputted into a spectral separation means.

[0015] Moreover, this invention according to claim 5 makes it a summary to have the optical packet insertion circuit where said input-side multiplexing means possesses the array waveguide grid for optical spectral separation which separates spectrally the signal light from the outgoing end of said delay loop-

formation optical path, and the array waveguide grid for optical multiplexing which multiplexes the signal light from said optical path for an input, and the signal light from said array waveguide grid for optical spectral separation in invention according to claim 2.

[0016] If it is in this invention according to claim 5, an input-side multiplexing means separates spectrally the signal light from a delay loop-formation optical path with the array waveguide grid for optical spectral separation, multiplexes with the signal light from the optical path for an input, and the array waveguide grid for optical multiplexing, and is inputted into a spectral separation means.

[0017] Furthermore, the optical path for an input as which, as for this invention according to claim 6, signal light is inputted, The delay loop-formation optical path which delays signal light, and the optical path for an output which outputs signal light, The signal light from the outgoing end of said optical path for an input and said delay loop-formation optical path is inputted. It is the optical packet buffer which has an optical-path change means to output signal light to the input edge of said delay loop-formation optical path, or said optical path for an output. Said optical-path change means A spectral separation means to have two or more output ports, to separate spectrally the signal light inputted from the outgoing end of said delay loop-formation optical path, and to output to a predetermined output port according to the wavelength of signal light, Two or more wavelength sensing elements changed into the 2nd wavelength for connecting with each of two or more output ports of this spectral separation means, and changing into the 1st wavelength for outputting the wavelength of the signal light outputted from this output port to the input edge of said delay loop-formation optical path, or outputting to said optical path for an output, The signal light outputted from these two or more wavelength sensing elements and the signal light from said optical path for an input are multiplexed. Let it be a summary to have a multiplexing means to output to the input edge of said delay loop-formation optical path when the wavelength of signal light is said 1st wavelength, and to output to said optical path for an output when the wavelength of said signal light is said 2nd wavelength.

[0018] If it is in this invention according to claim 6, the signal light from the optical path for an input is inputted into a multiplexing means. Output to a delay loop-formation optical path, and separate spectrally the signal light from a delay loop-formation optical path with a spectral separation means, and it outputs to a predetermined output port according to the wavelength of signal light. Input into each wavelength sensing element and the wavelength of each signal light is changed into the 1st wavelength or 2nd wavelength by each wavelength sensing element. Since the signal light from each wavelength sensing element is multiplexed with a multiplexing means, the signal light of the 1st wavelength is outputted to a delay loop-formation optical path and the signal light of the 2nd wavelength is outputted to the optical path for an output, Even if one optical packet laps spatially, wavelength can surely shift, it cannot be mixed and the die length of a delay loop-formation optical path can be made shorter than the die length of one optical packet, and it can miniaturize, and can respond also to an arbitration length packet further.

[0019] This invention according to claim 7 makes it a summary for the 1st wavelength of the wavelength sensing element connected to the Mth output port of said spectral separation means to be the wavelength of the signal light outputted from the M+1st output ports in invention according to claim 1 to 6.

[0020] If it is in this invention according to claim 7, the 1st wavelength of the wavelength sensing element connected to the Mth output port of a spectral separation means is the wavelength of the signal light outputted from the M+1st output ports.

[0021] Moreover, this invention according to claim 8 makes it a summary to have the optical amplifier with which said delay loop-formation optical path amplifies signal light in invention according to claim 1 to 7.

[0022] While being able to compensate loss of the signal light in a delay loop-formation optical path since signal light is amplified with an optical amplifier in a delay loop-formation optical path if it is in this invention according to claim 8, whenever it goes around, wavelength changes, the oscillation of an optical amplifier is oppressed, and actuation can be stabilized.

[0023] Furthermore, this invention according to claim 9 makes it a summary for an optical packet buffer to be accumulated by the flat-surface guided wave mold optical circuit substrate in invention according to claim 1 to 8.

[0024] If it is in this invention according to claim 9, since an optical packet buffer is accumulated by the flat-surface guided wave mold optical circuit substrate, While control of die length becomes very easy as compared with the case where the delay loop-formation optical path was also accumulated, could determine the die length of a delay loop-formation optical path as the precision with the mask, and an

optical fiber is used. Moreover, the temperature control for preventing change of the optical path length of the delay loop-formation optical path by change of a refractive index also becomes very easy as compared with an optical fiber, and its stability also improves.

[0025] This invention according to claim 10 makes it a summary for said spectral separation means to have an array waveguide grid for optical spectral separation in invention according to claim 1 to 9.

[0026] If it is in this invention according to claim 10, a spectral separation means is an array waveguide grid for optical spectral separation.

[0027] Moreover, this invention according to claim 11 makes it a summary for said multiplexing means to have an array waveguide grid for optical multiplexing in invention according to claim 1 to 10.

[0028] If it is in this invention according to claim 11, a multiplexing means is an array waveguide grid for optical multiplexing.

[0029]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained using a drawing. Drawing 1 is drawing showing the configuration of the optical packet buffer concerning the 1st operation gestalt of this invention. In drawing 1 101a the optical packet of the 1st wavelength (it is hereafter described as wavelength λ_1) The 2nd wavelength The wavelength sensing element changed for (describing it as wavelength λ_2 or λ_2' hereafter), The wavelength sensing element from which 101b changes the optical packet of wavelength λ_2 into the 3rd wavelength (it is hereafter described as wavelength λ_3 or λ_3'), The wavelength sensing element from which 101c changes the optical packet of wavelength λ_3 into the 4th wavelength (it is hereafter described as wavelength λ_4 or λ_4'), The wavelength sensing element which changes 101d of optical packets of wavelength λ_4 into the 5th wavelength (it is hereafter described as wavelength λ_5 or λ_5'), 102 -- delay loop-formation optical waveguide and 103 -- for the array waveguide grid for optical spectral separation, and 106, the array waveguide grid for optical multiplexing and 107 a-d of optical waveguide and 108 a-d are [the optical waveguide for an input, and 104 / the optical waveguide for an output, and 105 / optical waveguide and 109] optical couplers.

[0030] The optical packet of wavelength λ_1 inputted from the optical waveguide 103 for an input is inputted into the array waveguide grid 105 for optical spectral separation through the optical coupler 109. The array waveguide grid 105 for optical spectral separation is the example of the array waveguide grid of four outputs. Although it is generally N output, the case of N= 4 is explained as an example here. Moreover, the array waveguide grid 105 for optical spectral separation has the function to distribute an optical packet to optical waveguides 107a, 107b, 107c, and 107d, respectively, when the wavelength of the inputted optical packet is λ_1 , λ_2 , λ_3 , and λ_4 . Although the optical packet of wavelength λ_1 is outputted to optical waveguide 107a and then it is inputted into wavelength sensing-element 101a. If the control signal of buffering termination has not reached wavelength sensing-element 101a from the packet control circuit which is not illustrated at this time. If the optical packet was changed into wavelength λ_2 in wavelength sensing-element 101a and the control signal of buffering termination has reached wavelength sensing-element 101a from the packet control circuit conversely, an optical packet will be changed into wavelength λ_2' in wavelength sensing-element 101a. In addition, a change of the conversion wavelength by the control signal is made in the guard time between optical packets, when the optical packet has not passed the wavelength sensing element.

[0031] The optical packet outputted from wavelength sensing-element 101a passes optical waveguide 108a, and is inputted into the array waveguide grid 106 for optical multiplexing. The array waveguide grid 106 for optical multiplexing has output port 106a for the delay loop-formation circumference, and two output ports of output port 106b for buffering termination. The input appearance port of the array waveguide grid 106 for optical multiplexing and the relation of wavelength are shown in drawing 2 . In addition, if it is inputted from different input port with the property of an array waveguide grid even if it is the optical packet of the same wavelength in the array waveguide grid 106 for optical multiplexing, it will be outputted from a different output port. If it is set as $\lambda_2'=\lambda_3$, $\lambda_3'=\lambda_4$, $\lambda_4'=\lambda_5$, and $\lambda_5'=\lambda_6$ in the case of this example, when continuing buffering, an optical packet is outputted to output port 106a for the delay loop-formation circumference, and when ending buffering conversely, it will be outputted to output port 106b for buffering termination.

[0032] When continuing buffering, the optical packet of wavelength λ_1 goes around the delay loop-formation optical waveguide 102, after being outputted to output port 106a for the delay loop-formation circumference. Although again inputted into the array waveguide grid 105 for optical spectral separation through the optical coupler 109, since wavelength is λ_2 , it is outputted to optical

waveguide 107b. Next, although inputted into wavelength sensing-element 101b, if the control signal of buffering termination has not reached wavelength sensing-element 101b from the packet control circuit, after an optical packet is changed into wavelength λ_3 in wavelength sensing-element 101b and passes along output port 106a for the delay loop-formation circumference of the array waveguide grid 106 for optical multiplexing, it goes around the delay loop-formation optical waveguide 102 again. Conversely, if the control signal of buffering termination has reached wavelength sensing-element 101b from the packet control circuit, after an optical packet is changed into wavelength λ_3' in wavelength sensing-element 101b and passes along output port 106b for buffering termination of the array waveguide grid 106 for optical multiplexing, it will be outputted to the optical waveguide 104 for an output.

[0033] As stated above, while continuing buffering, optical packet buffering which accumulates only desired time amount with light, without changing an optical packet into the electrical and electric equipment is attained by making the inside of delay loop-formation optical waveguide go an optical packet around.

[0034] Drawing 3 is drawing showing an example of wavelength sensing-element 101a which changes the optical packet of wavelength λ_1 into wavelength λ_2 or the optical packet of λ_2' , and, generally is called the mutual phase modulation mold (XPM) wavelength sensing element. 111 -- oscillation wavelength -- the continuation (CW) light source of λ_2 , and 112 -- oscillation wavelength -- the continuation (CW) light source of λ_2' , and 113 -- an optical gate switch and 114 -- an optical gate switch and 115 -- a and b are [an optical multiplexing machine, 117a, and b and c of a semi-conductor optical amplifier and 116] a multi-modal interference (MMI) mold coupler or a directional coupler. An array waveguide grid and an optical coupler can be used as an optical multiplexing machine 116.

[0035] After the optical packet of wavelength λ_1 passes along optical waveguide 107a and it carries out incidence to multi-modal interference (MMI) mold coupler or directional coupler 117b, incidence of it is carried out to semi-conductor optical amplifier 115a. At this time, the refractive index of semi-conductor optical amplifier 115a changes corresponding to ON/OFF of each bit of the optical packet of wavelength λ_1 .

[0036] On the other hand, with the control signal from a packet control circuit, one of the optical gate switches 113, 114 is turned on, and the remainder is turned off. That is, CW light of one wave will be outputted from the optical multiplexing machine 116. After CW light branches by multi-modal interference (MMI) mold coupler or directional coupler 117a and incidence is carried out to the semi-conductor optical amplifiers 115a and 115b, it is again multiplexed by multi-modal interference (MMI) mold coupler or directional coupler 117c. That is, the Mach-Zehnder interferometer is formed. Since the refractive index of semi-conductor optical amplifier 115a is modulated by the optical packet of wavelength λ_1 at this time, the phase contrast between interference ways changes. By setting up so that $2g$ of phase contrast between interference ways may be set to π and $\pi(2h+1)$ (g and h are an integer), respectively when the bits of the optical packet of wavelength λ_1 are ON and OFF ON -- the time -- cross protection -- having been strong -- wavelength -- λ_2 -- or -- λ_2' -- light -- outputting -- having -- OFF -- it is -- the time -- cross protection -- weakening -- coming out -- it was -- wavelength -- λ_2 -- or -- λ_2' -- light -- outputting -- having . That is, the signaling information which the optical packet of wavelength λ_1 has remains as it is, and it becomes possible to take out the optical packet into which only wavelength was changed by the oscillation wavelength λ_2 of CW light, or λ_2' from optical waveguide 108a.

[0037] Moreover, although only the XPM wavelength sensing element was explained here, wavelength sensing elements using the other technique, such as a mutual gain modulation mold (XGM) wavelength sensing element, a 4 light-wave hybrid model (FWM) wavelength sensing element, and a laser oscillation oppression mold wavelength sensing element, may be used. In addition, although here explained taking the case of wavelength sensing-element 101a, other points are completely the same only by wavelength differing also in other wavelength sensing-element 101 b-d.

[0038] Next, a concrete numeric value is mixed and the principle of operation is explained more to a detail. this explanation -- λ_1 -- suppose that it is $\lambda_1 = 1565 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 1564.8 \text{ nm}$, $\lambda_3 = 1564.6 \text{ nm}$, $\lambda_4 = 1564.4 \text{ nm}$, $\lambda_5 = 1564.2 \text{ nm}$. It is drawing 4 which showed signs that an optical packet went the delay loop-formation optical waveguide 102 around.

[0039] Since wavelength becomes short while the bit string of an optical packet repeats the circumference, rotating, it goes to the one where wavelength is shorter, and the bit string of an optical

packet dies. And if the control signal of buffering termination has arrived in the guard time in front of the optical packet from the packet control circuit at the wavelength sensing element changed into wavelength λ_{k+1} or λ_{k-1} (integer with which k fills $2 \leq k \leq 5$), after an optical packet is changed into wavelength λ_{k+1} , it will pass output port 106b for buffering termination, and will be taken out from the optical waveguide 104 for an output. Since according to this approach it also becomes possible for it not to be mixed and to make the die length of the delay loop-formation optical waveguide 102 shorter than the die length of one optical packet, since those wavelength differs even if one packet order laps spatially, it becomes possible to miniaturize a buffer size. Moreover, since it is not necessary to set the die length of the delay loop-formation optical waveguide 102 as the integral multiple of one optical packet, it can respond also to the packet of arbitration length.

[0040] In addition, in the explanation using drawing 4, although the case where there was regular relation to wavelength was shown, as long as it is the wavelength which is outputted to output port 106 for the delay loop-formation circumference a , or output port 106b for buffering termination after wavelength conversion, it may not be especially regular.

[0041] Next, with reference to drawing 5, the optical packet buffer concerning the 2nd operation gestalt of this invention is explained. The optical packet buffer of this 2nd operation gestalt While removing the optical coupler 109 in the 1st operation gestalt shown in drawing 1 The array waveguide grid 205 for optical spectral separation of 2 inputs is used instead of the array waveguide grid 105 for optical spectral separation of 1 input. It is that from which the point constituted so that the direct input of the optical packet of the wavelength λ_1 inputted into this array waveguide grid 205 for optical spectral separation from the optical waveguide 103 for an input and the optical packet outputted from the delay loop-formation optical waveguide 102 might be carried out differs. Other configurations and operations are the same, and the same sign is given to the same component.

[0042] The optical packet of the wavelength λ_1 from the optical waveguide 103 for an input inputted into the array waveguide grid 205 for optical spectral separation and the optical packet of the wavelength λ_2 , λ_3 , λ_4 , and λ_5 from the delay loop-formation optical waveguide 102 If inputted into the array waveguide grid 205 for optical spectral separation, according to each wavelength, it will be distributed and outputted to the output port of a proper, i.e., the output port of the proper connected to optical waveguides 107a, 107b, 107c, and 107d.

[0043] Thus, like the case of the 1st operation gestalt, while continuing buffering, optical packet buffering which accumulates only desired time amount with light, without changing an optical packet into an electrical signal is realizable also in the 2nd operation gestalt constituted, by making the optical packet go around within the delay loop-formation optical waveguide 102.

[0044] Moreover, since it becomes possible to make shorter than the die length of one optical packet the die length of the delay loop-formation optical waveguide 102 which is an optical delay-line loop formation, it is possible to miniaturize a buffer size. Furthermore, it can respond also to an arbitration length packet.

[0045] Next, with reference to drawing 6, the optical packet buffer concerning the 3rd operation gestalt of this invention is explained. It differs in that the optical packet insertion circuit 309 of wavelength λ_1 was instead established in the optical coupler 109 in the 1st operation gestalt which showed the optical packet buffer of this 3rd operation gestalt to drawing 1, and other configurations and operations are the same, and the same sign is given to the same component.

[0046] The optical packet insertion circuit 309 of wavelength λ_1 has input section 309b of the optical packet of wavelength other than input section 309a of the optical packet of wavelength λ_1 , and wavelength λ_1 , and output section 309c, multiplexs and outputs the optical packet of wavelength λ_1 which entered from input section 309a, and optical packets other than wavelength λ_1 which entered from input section 309b from output section 309c. And after the optical packet of wavelength λ_1 inputted into input section 309a is outputted from output section 309c of the optical packet insertion circuit 309, it is inputted into the array waveguide grid 105 for optical spectral separation through the delay loop-formation optical waveguide 102. Subsequent actuation is the same as actuation of the 1st operation gestalt shown in drawing 1.

[0047] Thus, like the case of the 1st operation gestalt, while continuing buffering, optical packet buffering which accumulates only desired time amount with light, without changing an optical packet into an electrical signal is realizable also in the 3rd operation gestalt constituted, by making the optical packet go around within the delay loop-formation optical waveguide 102.

[0048] Moreover, since it becomes possible to make shorter than the die length of one optical packet the

die length of the delay loop-formation optical waveguide 102 which is an optical delay loop formation, it is possible to miniaturize a buffer size. Furthermore, it can respond also to an arbitration length packet. [0049] Next, the detail of the optical packet insertion circuit 309 of wavelength λ_1 is explained. Drawing 7, drawing 8, and drawing 9 are drawings showing the detailed configuration of the optical packet insertion circuit 309 of wavelength λ_1 .

[0050] First, the optical packet insertion circuit 309 of the wavelength λ_1 possessing the Mach TSUENDA interference system shown in drawing 7 and a diffraction grating is explained. In drawing 7, 311 is a diffraction grating and 312 is a Mach TSUENDA interference system. As for optical packets other than λ_1 , the optical packet of wavelength λ_1 which entered from input section 309a of the optical packet of wavelength λ_1 , and the wavelength which entered from input section 309b are taken out from output section 309c by setting the reflected wave length of a diffraction grating 311 as wavelength λ_1 , and setting up appropriately the interference conditions of the Mach TSUENDA interference system 312.

[0051] There is a fiber grating as a diffraction grating 311. If ultraviolet rays are irradiated at the fiber core which generally added germanium, a refractive index will increase. If a periodic change is formed in a refractive index using this phenomenon, only the wavelength which is in agreement with that Bragg wavelength is reflected, and a fiber grating which penetrates the remaining wavelength can be formed.

[0052] In addition, dielectric multilayers are sufficient as a diffraction grating 311. The principle of reflection of the wavelength λ_1 by dielectric multilayers will use the phenomenon which has a high reflection factor to wavelength λ_1 , if the layer of the low refractive-index media (SiO_2 etc.) whose thickness is the quadrants of wavelength λ_1 , and high refractive-index media (TiO_2 etc.) is piled up by turns.

[0053] Next, the optical packet insertion circuit 309 of the circulator shown in drawing 8 and the wavelength λ_1 possessing a diffraction grating is explained. In drawing 8, 321 is a diffraction grating and 322 is a circulator. By setting the reflected wave length of a diffraction grating 321 as wavelength λ_1 , as for optical packets other than λ_1 , the optical packet of wavelength λ_1 which entered from input section 309a of the optical packet of wavelength λ_1 , and the wavelength which entered from input section 309b are taken out from output section 309c.

[0054] Next, the optical packet insertion circuit 309 of the wavelength λ_1 possessing the array waveguide grid shown in drawing 9 is explained. In drawing 9, the port where the array waveguide grid for optical multiplexing and 331a input the optical packet of wavelength λ_1 in 331, and 332 are the array waveguide grids for optical spectral separation. The optical packet of wavelength λ_1 which entered from input section 309a of the optical packet of wavelength λ_1 is inputted into input port 331a of the array waveguide grid 331 for optical multiplexing, and optical packets other than λ_1 are separated spectrally with the array waveguide grid 332 for optical spectral separation, and it is multiplexed with the optical packet of wavelength λ_1 in the wavelength which entered from input section 309b with the array waveguide grid 331 for optical multiplexing, and is taken out from output section 309c.

[0055] Next, with reference to drawing 10, the optical packet buffer concerning the 4th operation gestalt of this invention is explained. The optical packet buffer of the 4th operation gestalt shown in this drawing Instead of connecting to the input of the array waveguide grid 205 for optical spectral separation the optical waveguide 103 for an input into which the optical packet of wavelength λ_1 is inputted in the 2nd operation gestalt shown in drawing 5 While connecting this optical waveguide 403 for an input to the input of the array waveguide grid 406 for optical multiplexing by making into the optical waveguide 403 for an input optical waveguide 103 for an input into which the optical packet of wavelength λ_1 is inputted It is that from which the point constituted so that it may multiplex with the optical packet of other wavelength and the optical packet of wavelength λ_1 inputted into this array waveguide grid 406 for optical multiplexing may be outputted from output port 406 for the delay loop-formation circumference a of this array waveguide grid 406 for optical multiplexing differs. Other configurations and operations are the same as the 2nd operation gestalt, and give the same sign to the same component.

[0056] The optical packet of wavelength λ_1 inputted from the optical waveguide 403 for an input is inputted into the array waveguide grid 406 for optical multiplexing. The array waveguide grid 406 for optical multiplexing is the example of the array waveguide grid of 5 inputs. Although it is generally $N+1$ input, the case of $N=4$ is explained as an example here. The array waveguide grid 406 for optical multiplexing has output port 406a for the delay loop-formation circumference, and two output ports of

output port 406b for buffering termination. An example of the input appearance port of the array waveguide grid 406 for optical multiplexing and the relation of wavelength is shown in drawing 11. In the case of this example, the optical packet of the wavelength λ_1 which carried out incidence from the optical waveguide 403 for an input is outputted to output port 406a for the delay loop-formation circumference. Next, it is inputted into the array waveguide grid 105 for optical spectral separation after carrying out delay loop-formation optical waveguide 102 1 round.

[0057] The array waveguide grid 105 for optical spectral separation has the function to distribute an optical packet to optical waveguides 107a, 107b, 107c, and 107d, respectively, when the wavelength of the inputted optical packet is λ_1 , λ_2 , λ_3 , and λ_4 . The optical packet of wavelength λ_1 is outputted to optical waveguide 107a. Next, although inputted into wavelength sensing-element 101a, if the signal of buffering termination has not reached wavelength sensing-element 101a from the packet control circuit at this time, the optical packet was changed into wavelength λ_2 in wavelength sensing-element 101a and the signal of buffering termination has reached wavelength sensing-element 101a from the packet control circuit conversely, an optical packet will be changed into wavelength λ_2' in wavelength sensing-element 101a. In addition, a change of the conversion wavelength by the control signal is made in the guard time between optical packets, when the optical packet has not passed the wavelength sensing element. Anyway, an optical packet passes optical waveguide 108a, and is inputted into the array waveguide grid 406 for optical multiplexing. If it is set as $\lambda_2' = \lambda_3$, $\lambda_3' = \lambda_4$, $\lambda_4' = \lambda_5$, and $\lambda_5' = \lambda_6$ in the case of what the input appearance port of the array waveguide grid 406 for optical multiplexing and the relation of wavelength showed to drawing 11, when continuing buffering, an optical packet is outputted to output port 406a for the delay loop-formation circumference, and when ending buffering conversely, it will be outputted to output port 406b for buffering termination.

[0058] When continuing buffering, an optical packet goes the delay loop-formation optical waveguide 102 around again, after being outputted to output port 406a for the delay loop-formation circumference. Although again inputted into the array waveguide grid 105 for optical spectral separation, since wavelength is λ_2 , it is outputted to optical waveguide 107b. Next, although inputted into wavelength sensing-element 101b, if the signal of buffering termination has not reached wavelength sensing-element 101b from the packet control circuit, after an optical packet is changed into wavelength λ_3 in wavelength sensing-element 101b and passes along output port 406a for the delay loop-formation circumference of the array waveguide grid 406 for optical multiplexing, it goes around the delay loop-formation optical waveguide 102 again. Conversely, if the signal of buffering termination has reached wavelength sensing-element 101b from the packet control circuit, after an optical packet is changed into wavelength λ_3' in wavelength sensing-element 101b and passes along output port 406b for buffering termination of the array waveguide grid 406 for optical multiplexing, it will be outputted to the optical waveguide 104 for an output.

[0059] Thus, like each operation gestalt mentioned above, while continuing buffering, optical packet buffering which accumulates only desired time amount with light, without changing an optical packet into an electrical signal is realizable also in the 4th operation gestalt constituted, by making the optical packet go around within the delay loop-formation optical waveguide 102.

[0060] Moreover, since it becomes possible to make shorter than the die length of one optical packet the die length of the delay loop-formation optical waveguide 102 which is an optical delay-line loop formation, it is possible to miniaturize a buffer size. Furthermore, it can respond also to an arbitration length packet.

[0061] Next, with reference to drawing 12, the optical packet buffer concerning the 5th operation gestalt of this invention is explained. The optical packet buffer shown in this drawing is the thing of the optical packet buffer of the 1st operation gestalt shown in drawing 1 which it is accumulable, for example, can monolithic accumulate the optical whole packet buffer on the flat-surface guided wave mold optical circuit substrate 501, although especially the delay loop-formation optical waveguide 102 produces on the flat-surface guided wave mold optical circuit substrate 501. Thus, actuation of the optical packet buffer constituted is the same as the thing of the 1st operation gestalt.

[0062] Thus, since it becomes possible to make the die length of the delay loop-formation optical waveguide 102 shorter than the die length of one optical packet as well as the 1st operation gestalt, the optical packet buffer constituted becomes possible [miniaturizing and integrating the magnitude of an optical packet buffer]. When producing the delay loop-formation optical waveguide 102 on the flat-surface guided wave mold optical circuit substrate 501, since the die length of the delay loop-formation

optical waveguide 102 is determined as a precision with the mask used at the time of production, compared with the time of using a fiber, control of die length becomes very easy. Moreover, since the delay loop-formation optical waveguide 102 was miniaturized and integrated in this case, the temperature control for preventing change of the optical path length of the delay loop-formation optical waveguide by refractive-index change also becomes very easy compared with the case where a fiber is used, and its stability also improves. Moreover, it can respond also to an arbitration length packet. [0063] in addition, although drawing 12 explains the case where the optical packet buffer of the 1st operation gestalt shown in drawing 1 is produced on the flat-surface guided wave mold optical circuit substrate 501, the optical packet buffer of the 2nd thru/or 4th operation gestalt also comes out not to mention it being possible to produce on the flat-surface guided wave mold optical circuit substrate 501 similarly.

[0064] Next, with reference to drawing 13, the optical packet buffer concerning the 6th operation gestalt of this invention is explained. The optical packet buffer of the 6th operation gestalt shown in this drawing has compensated that loss by forming an optical amplifier 601 in the middle of the delay loop-formation optical waveguide 102 in the 1st operation gestalt shown in drawing 1, and amplifying an optical packet with this optical amplifier 601. This optical amplifier 601 may be formed anywhere in the delay loop-formation optical waveguide 102. Moreover, as an optical amplifier 601, optical fiber amplifier and a semi-conductor optical amplifier can be used.

[0065] Thus, also in the 6th operation gestalt constituted, since it becomes possible to make the die length of the delay loop-formation optical waveguide 102 which is an optical delay-line loop formation shorter than the die length of one optical packet like other operation gestalten, it is possible to miniaturize a buffer size. Furthermore, it can respond also to an arbitration length packet. Moreover, since wavelength changes whenever it goes around, the oscillation of an optical amplifier 601 is controlled and can stabilize actuation.

[0066] in addition, although drawing 13 explains the case where an optical amplifier 601 is formed in the optical packet buffer of the 1st operation gestalt shown in drawing 1, it comes out not to mention it being possible to form an optical amplifier 601 also like the optical packet buffer of the 2nd thru/or 4th operation gestalt.

[0067] Next, with reference to drawing 14, the optical packet buffer concerning the 7th operation gestalt of this invention is explained. The optical packet buffer of the 7th operation gestalt shown in this drawing produces the optical packet buffer shown in drawing 13 on the flat-surface guided wave mold optical circuit substrate 701. In addition, the optical amplifier 601 shown by drawing 13 is illustrated as an optical amplifier 702.

[0068] Thus, also in the 7th operation gestalt constituted, since it becomes possible to make the die length of the delay loop-formation optical waveguide 102 which is an optical delay-line loop formation shorter than the die length of one optical packet like other operation gestalten, it is possible to miniaturize and integrate a buffer size. Moreover, when producing the delay loop-formation optical waveguide 102 on the flat-surface guided wave mold optical circuit substrate 701, since the die length of the delay loop-formation optical waveguide 102 is determined as a precision with the mask used at the time of production, compared with the time of using a fiber, control of die length becomes very easy. Moreover, since the delay loop-formation optical waveguide 102 was integrated in this case, the temperature control for preventing change of the optical path length of the delay loop-formation optical waveguide by refractive-index change also becomes very easy compared with the case where a fiber is used, and its stability also improves. Furthermore, it can respond also to an arbitration length packet. Moreover, since wavelength changes whenever it goes around, the oscillation of an optical amplifier 702 is controlled and can stabilize actuation.

[0069]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, the signal light from the optical path for an input and the signal light from a delay loop-formation optical path are separated spectrally. According to wavelength, output to a predetermined output port, and it inputs into each wavelength sensing element. The wavelength of each signal light is changed into the 1st wavelength or 2nd wavelength by each wavelength sensing element. Since the signal light from each wavelength sensing element is multiplexed with a multiplexing means, the signal light of the 1st wavelength is outputted to a delay loop-formation optical path and the signal light of the 2nd wavelength is outputted to the optical path for an output. Even if one optical packet laps spatially, wavelength can surely shift, it cannot be mixed and the die length of a delay loop-formation optical path can be made shorter than the

die length of one optical packet, and it can miniaturize, and can respond also to an arbitration length packet further.

[0070] Moreover, since signal light is amplified with an optical amplifier in a delay loop-formation optical path, while being able to compensate loss of the signal light in a delay loop-formation optical path according to this invention, whenever it goes around, wavelength changes, the oscillation of an optical amplifier is oppressed, and actuation can be stabilized.

[0071] Furthermore, according to this invention, since a flat-surface guided wave mold optical circuit substrate is accumulated, an optical packet buffer can determine the die length of a delay loop-formation optical path as a precision with a mask, the temperature control for preventing change of the optical path length of the delay loop-formation optical path by change of a refractive index also becomes very easy as compared with an optical fiber, and its stability also improves while control of die length becomes very easy as compared with the case where an optical fiber is used.

[Translation done.]

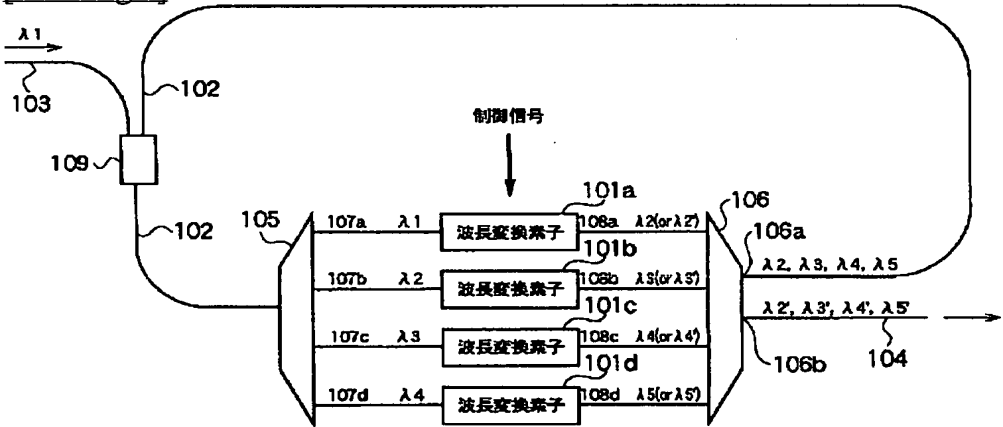
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]

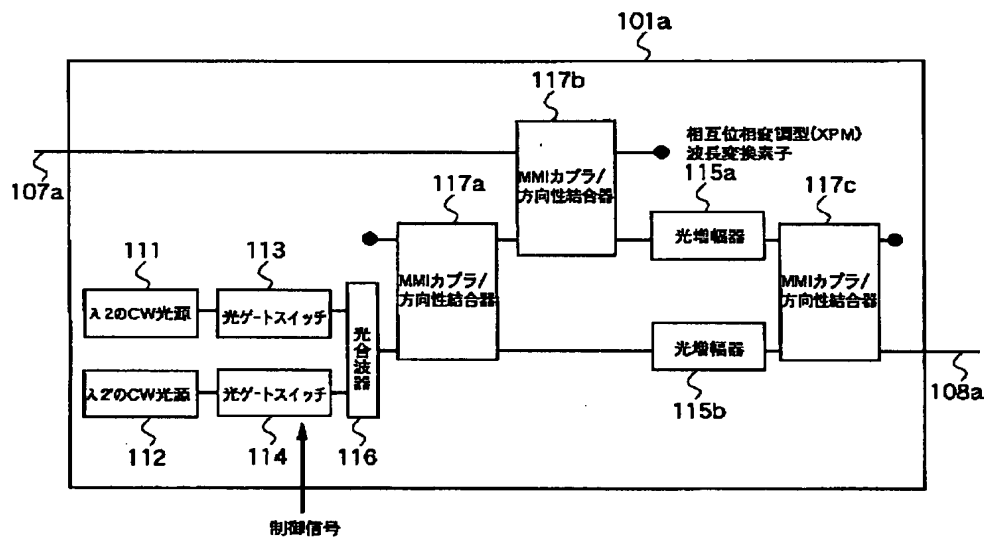


[Drawing 2]

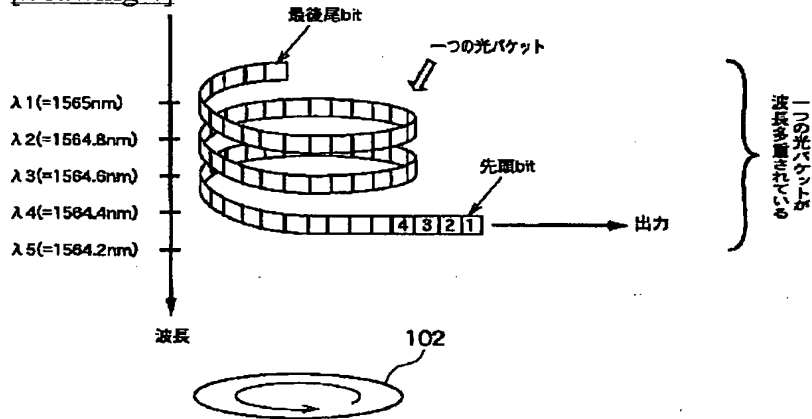
出力ポート

	108b	108a
入力ポート		
108a	λ_3	λ_2
108b	λ_4	λ_3
108c	λ_5	λ_4
108d	λ_6	λ_5

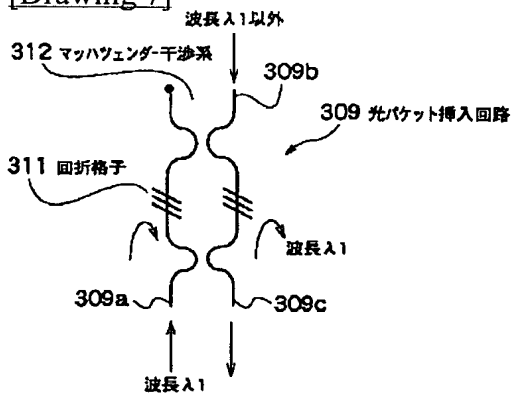
[Drawing 3]



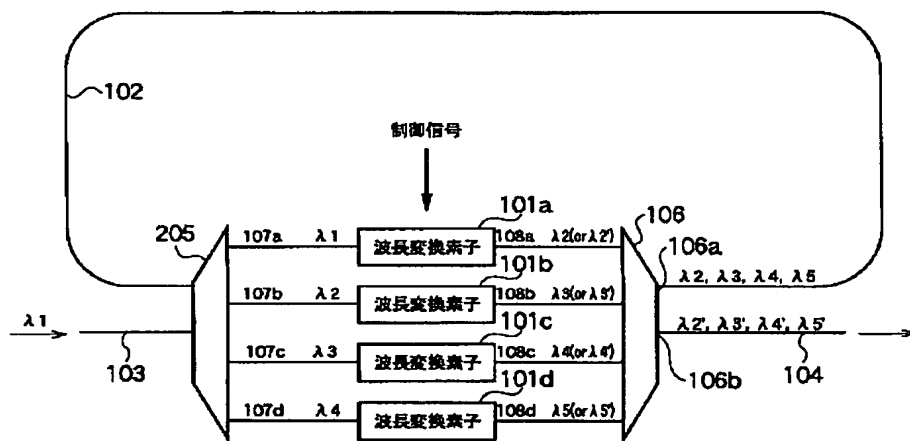
[Drawing 4]



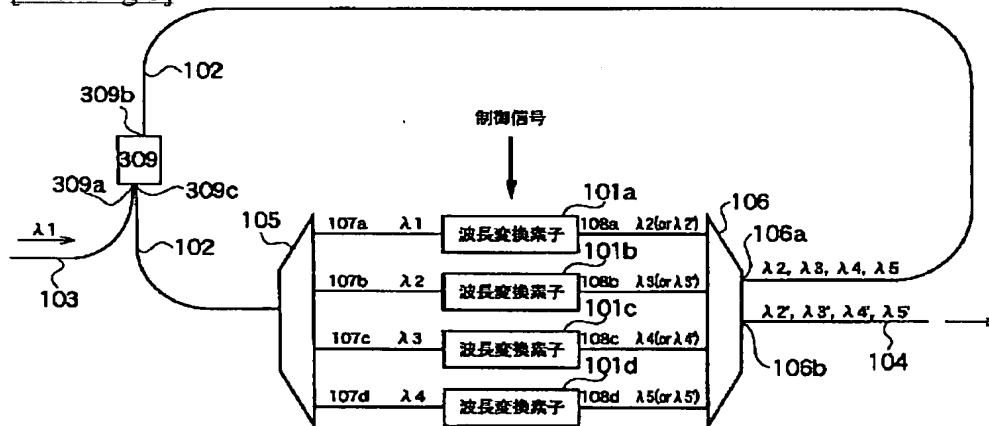
[Drawing 7]



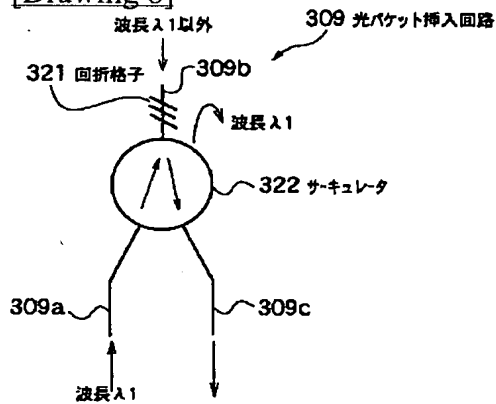
[Drawing 5]



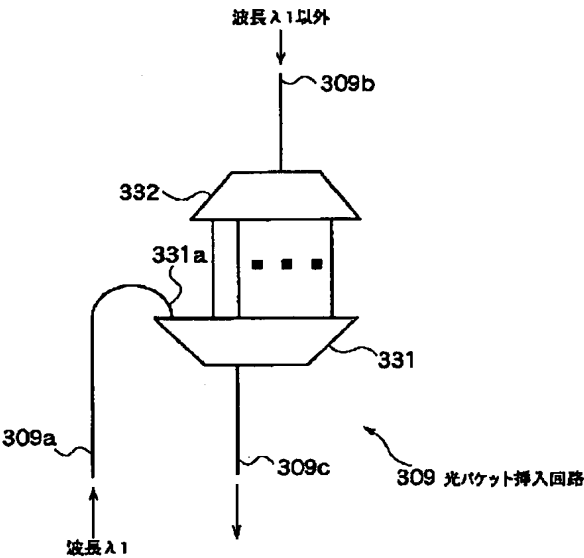
[Drawing 6]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



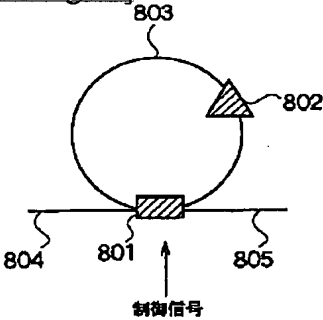
[Drawing 11]

出力ポート

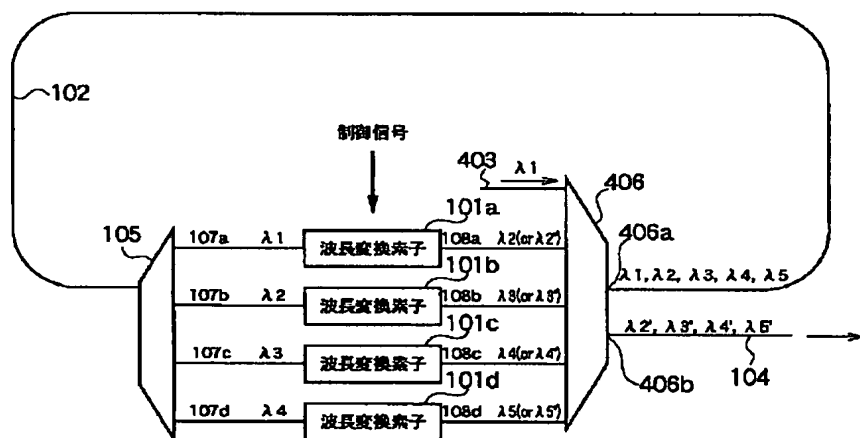
	406b	406a
403	$\lambda 2$	$\lambda 1$
108a	$\lambda 3$	$\lambda 2$
108b	$\lambda 4$	$\lambda 3$
108c	$\lambda 5$	$\lambda 4$
108d	$\lambda 6$	$\lambda 5$

入力ポート

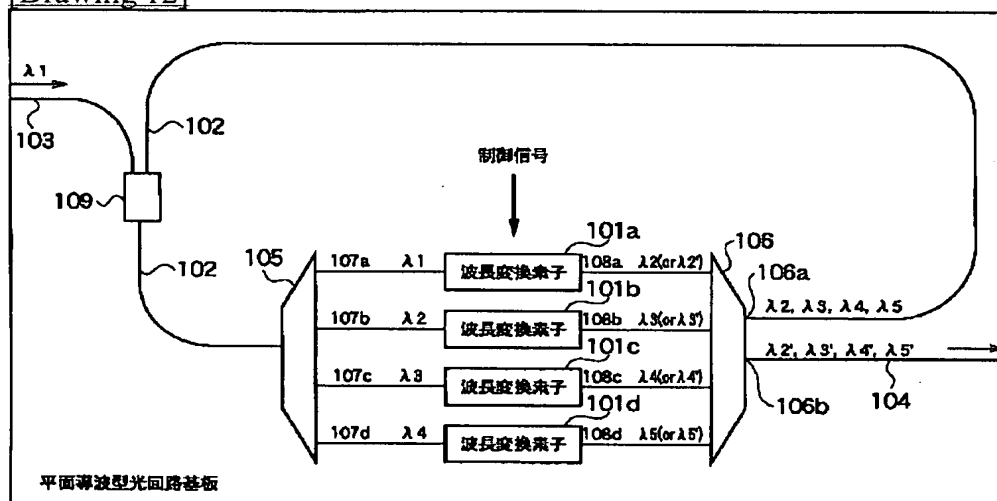
[Drawing 15]



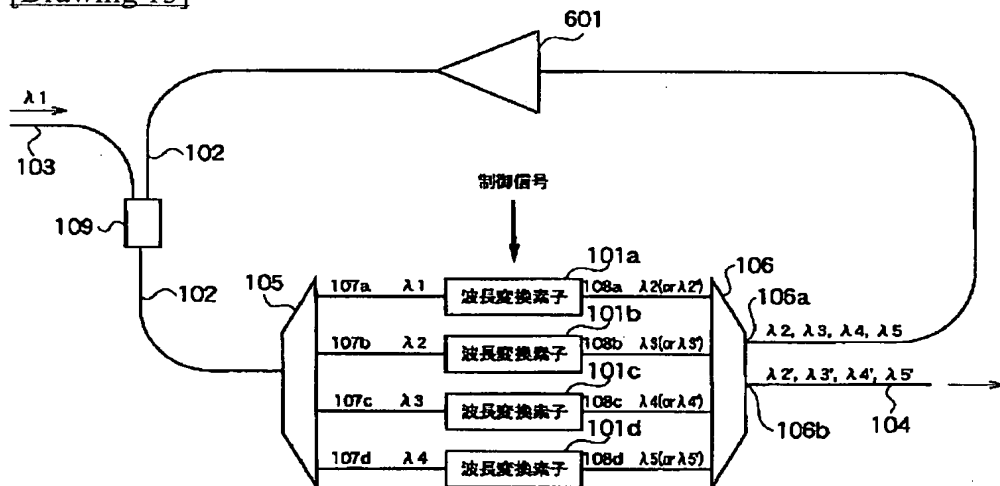
[Drawing 10]



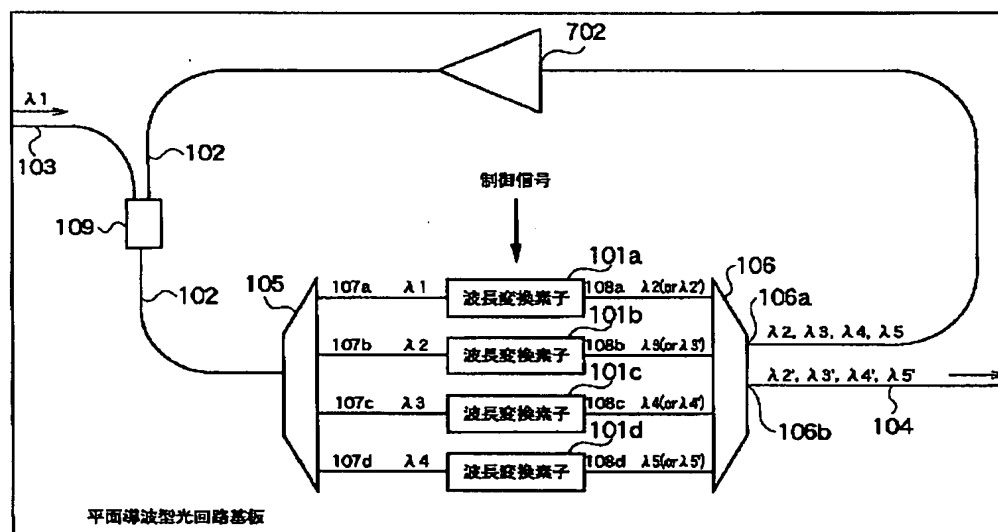
[Drawing 12]



[Drawing 13]



[Drawing 14]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-264825
(P2001-264825A)

(43) 公開日 平成13年 9 月26日 (2001.9.26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト* (参考)
G 0 2 F	1/313	G 0 2 F 1/313	2 K 0 0 2
	2/02	2/02	5 K 0 0 2
H 0 4 B	10/00	1/365	5 K 0 3 0
H 0 4 L	12/56	H 0 4 B 9/00	B 9 A 0 0 1
// G 0 2 F	1/365	H 0 4 L 11/20	1 0 2 Z
審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 13 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-74305(P2000-74305)

(22) 出願日 平成12年 3 月16日 (2000.3.16)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号

(72) 発明者 坂本 尊

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 松岡 茂登

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日
本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外 1 名)

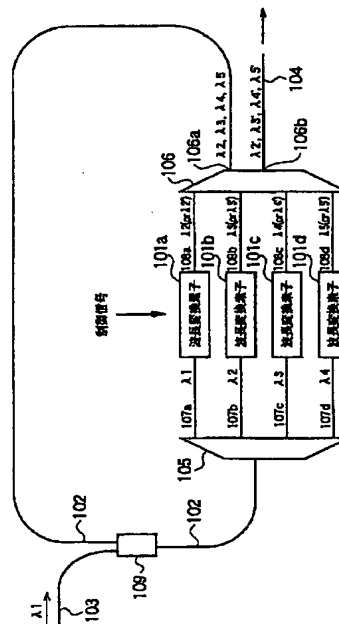
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光バケットバッファ

(57) 【要約】

【課題】 波長変換素子を用いて同一波長の周回を回避して発振による不安定性を除去し、小型化および集積化を図り、任意長のバケットにも対応し得る光バケットバッファを提供する。

【解決手段】 入力用光導波路103からの信号光と遅延ループ光導波路102からの信号光を光カップラ109で合波し、光分波用アレイ導波路格子105に入力して分波し、信号光の波長に応じて所定の出力ポートに出力して、各波長変換素子101a-dに入力し、各波長変換素子で各信号光の波長を第1の波長または第2の波長に変換し、光合波用アレイ導波路格子106で各波長変換素子からの信号光を合波し、第1の波長の信号光は遅延ループ光導波路102に出力し、第2の波長の信号光は出力用光導波路104に出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 信号光が入力される入力用光路と、信号光を遅延させる遅延ループ光路と、信号光を出力する出力用光路と、前記入力用光路および前記遅延ループ光路の出力端からの信号光が入力され、信号光を前記遅延ループ光路の入力端または前記出力用光路に出力する光路切替手段とを有する光バケットバッファであって、

前記光路切替手段は、

複数の出力ポートを有し、前記入力用光路および前記遅延ループ光路の出力端から入力される信号光を分波し、信号光の波長に応じて所定の出力ポートに出力する分波手段と、

該分波手段の複数の出力ポートの各々に接続され、該出力ポートから出力される信号光の波長を前記遅延ループ光路の入力端に出力するための第 1 の波長に変換するかまたは前記出力用光路に出力するための第 2 の波長に変換する複数の波長変換素子と、

該複数の波長変換素子から出力される信号光を合波して、信号光の波長が前記第 1 の波長である場合には前記遅延ループ光路の入力端に出力し、前記信号光の波長が前記第 2 の波長である場合には、前記出力用光路に出力する合波手段とを有することを特徴とする光バケットバッファ。

【請求項 2】 前記分波手段の入力側に設けられ、前記入力用光路からの信号光および前記遅延ループ光路の出力端からの信号光を前記分波手段に入力すべく合波する入力側合波手段を有することを特徴とする請求項 1 記載の光バケットバッファ。

【請求項 3】 前記入力側合波手段は、反射波長が前記入力用光路からの信号光の波長に設定された回折格子、および該回折格子をアームに設けられたマッハツェンダ干渉系を具備する光バケット挿入回路を有することを特徴とする請求項 2 記載の光バケットバッファ。

【請求項 4】 前記入力側合波手段は、第 1 の入力ポートに前記入力用光路からの信号光が入力され、第 2 の入力ポートに前記遅延ループ光路の出力端からの信号光が入力され、前記第 1 および第 2 の入力ポートから入力された信号光が合波されて、出力ポートから出力されるサーキュレータ、および該サーキュレータの第 2 の入力ポートに設けられ、反射波長が前記入力用光路からの信号光の波長に設定された回折格子を具備する光バケット挿入回路を有することを特徴とする請求項 2 記載の光バケットバッファ。

【請求項 5】 前記入力側合波手段は、前記遅延ループ光路の出力端からの信号光を分波する光分波用アレイ導波路格子、および前記入力用光路からの信号光と前記光分波用アレイ導波路格子からの信号光を合波する光合波用アレイ導波路格子を具備した光バケット挿入回路を有することを特徴とする請求項 2 記載の光バケットバッファ。

【請求項 6】 信号光が入力される入力用光路と、信号光を遅延させる遅延ループ光路と、信号光を出力する出力用光路と、前記入力用光路および前記遅延ループ光路の出力端からの信号光が入力され、信号光を前記遅延ループ光路の入力端または前記出力用光路に出力する光路切替手段とを有する光バケットバッファであって、

前記光路切替手段は、

複数の出力ポートを有し、前記遅延ループ光路の出力端から入力される信号光を分波し、信号光の波長に応じて所定の出力ポートに出力する分波手段と、

該分波手段の複数の出力ポートの各々に接続され、該出力ポートから出力される信号光の波長を前記遅延ループ光路の入力端に出力するための第 1 の波長に変換するかまたは前記出力用光路に出力するための第 2 の波長に変換する複数の波長変換素子と、

該複数の波長変換素子から出力される信号光および前記入力用光路からの信号光を合波して、信号光の波長が前記第 1 の波長である場合には前記遅延ループ光路の入力端に出力し、前記信号光の波長が前記第 2 の波長である場合には、前記出力用光路に出力する合波手段とを有することを特徴とする光バケットバッファ。

【請求項 7】 前記分波手段の M 番目の出力ポートに接続された波長変換素子の第 1 の波長は、M+1 番目の出力ポートから出力される信号光の波長であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の光バケットバッファ。

【請求項 8】 前記遅延ループ光路は、信号光を増幅する光増幅器を有することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の光バケットバッファ。

【請求項 9】 光バケットバッファは、平面導波型光回路基板に集積されることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の光バケットバッファ。

【請求項 10】 前記分波手段は、光分波用アレイ導波路格子を有することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の光バケットバッファ。

【請求項 11】 前記合波手段は、光合波用アレイ導波路格子を有することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の光バケットバッファ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信、光交換、光情報処理などの光伝送システム、光 LAN などに適用される光バケットバッファに関する。

【0002】

【従来の技術】波長多重を利用した光伝送システム(WDM システム)が進歩するに従って、光バケット伝送の高度化が期待されている。ここで問題となるのは光バケットのバッファリングである。ATM バケットあるいは IP バケットの伝送では、複数のバケットが同時に同じ宛先にルーティングされて衝突を起こす場合、あるいは

ルーティング先が輻輳を起こしている場合などにパケットを一時的に保存し、衝突、輻輳が解消された後に送信するために使用される所謂バッファリングを行う。

【0003】光パケットを電気信号に変換せずに光のまま所望の時間だけ蓄積する光パケットバッファとして、ファイバ遅延線を用いた光パケットバッファがある。すなわち、ファイバ中の伝送時間をメモリとして使用し、ファイバ長によりメモリ時間が決まるものである。

【0004】図15は、巡回型光パケットバッファを示す図である。同図において、801が空間スイッチ、802が光増幅器、803が巡回型光遅延線、804が光入力部、805が光出力部である。この従来例では、巡回型光遅延線803の長さを1つの光パケットの長さに予め設定しておく。例えば、10Gbps、500Byteの光パケットの長さは、ファイバ中で約80mに達する。パケット制御回路からの制御信号により、空間スイッチ801を切り替えて、所望の遅延時間（メモリ時間）だけ周回させる。例えば、このパケットをMパケット分遅延させるには、M周させた後、光出力部805から取り出すことになる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来のファイバ遅延線による光パケットバッファは、最低でも1つのパケット分の長さのファイバを用意する必要があり、光ファイバなどの光部品の数や量が多くなりがちで小型化・集積化が困難であった。また、光増幅器の入力出力がループによりつながっているため、光増幅器が発振を起こしやすく、極めて不安定な系になりやすい。更にまた、扱う光パケットは、すべて同じ長さである必要があり、1Pパケットのような任意長パケットには対応できないという欠点があった。

【0006】本発明は、上記に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、波長変換素子を用いて同一波長の周回を回避して発振による不安定性を除去し、小型化および集積化を図り、任意長のパケットにも対応し得る光パケットバッファを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1記載の本発明は、信号光が入力される入力用光路と、信号光を遅延させる遅延ループ光路と、信号光を出力する出力用光路と、前記入力用光路および前記遅延ループ光路の出力端からの信号光が入力され、信号光を前記遅延ループ光路の入力端または前記出力用光路に出力する光路切替手段とを有する光パケットバッファであって、前記光路切替手段は、複数の出力ポートを有し、前記入力用光路および前記遅延ループ光路の出力端から入力される信号光を分岐し、信号光の波長に応じて所定の出力ポートに出力する分岐手段と、該分岐手段の複数の出力ポートの各々に接続され、該出力ポートから出力される信号光の波長を前記遅延ループ光路の入力端

に出力するための第1の波長に変換するかまたは前記出力用光路に出力するための第2の波長に変換する複数の波長変換素子と、該複数の波長変換素子から出力される信号光を合波して、信号光の波長が前記第1の波長である場合には前記遅延ループ光路の入力端に出力し、前記信号光の波長が前記第2の波長である場合には、前記出力用光路に出力する合波手段とを有することを要旨とする。

【0008】請求項1記載の本発明にあっては、入力用光路からの信号光および遅延ループ光路からの信号光を分岐手段で分岐し、信号光の波長に応じて所定の出力ポートに出力して、各波長変換素子に入力し、各波長変換素子で各信号光の波長を第1の波長または第2の波長に変換し、合波手段で各波長変換素子からの信号光を合波し、第1の波長の信号光は遅延ループ光路に出力し、第2の波長の信号光は出力用光路に出力するため、1つの光パケットが空間的に重なっても波長が必ずずれて混ざることがなく、遅延ループ光路の長さを1つの光パケットの長さよりも短くすることができ、小型化でき、更に任意長パケットにも対応可能である。

【0009】また、請求項2記載の本発明は、請求項1記載の発明において、前記分岐手段の入力側に設けられ、前記入力用光路からの信号光および前記遅延ループ光路の出力端からの信号光を前記分岐手段に入力すべく合波する入力側合波手段を有することを要旨とする。

【0010】請求項2記載の本発明にあっては、入力用光路からの信号光および遅延ループ光路からの信号光を入力側合波手段で合波して分岐手段に入力するため、分岐手段の構成を簡単化することができる。

【0011】更に、請求項3記載の本発明は、請求項2記載の発明において、前記入力側合波手段が、反射波長が前記入力用光路からの信号光の波長に設定された回折格子、および該回折格子をアームに設けられたマッハツェンダ干渉系を具備する光パケット挿入回路を有することを要旨とする。

【0012】請求項3記載の本発明にあっては、入力側合波手段は入力用光路からの信号光を回折格子で反射し、この反射された入力信号光をマッハツェンダ干渉系に入力された遅延ループ光路からの信号光と合波して、分岐手段に入力する。

【0013】請求項4記載の本発明は、請求項2記載の発明において、前記入力側合波手段が、第1の入力ポートに前記入力用光路からの信号光が入力され、第2の入力ポートに前記遅延ループ光路の出力端からの信号光が入力され、前記第1および第2の入力ポートから入力された信号光が合波されて、出力ポートから出力されるサーキュレータ、および該サーキュレータの第2の入力ポートに設けられ、反射波長が前記入力用光路からの信号光の波長に設定された回折格子を具備する光パケット挿入回路を有することを要旨とする。

【0014】請求項4記載の本発明にあっては、入力側合波手段はサーキュレータの第1の入力ポートに入力された入力用光路からの信号光を第2の入力ポートの回折格子で反射し、この反射した信号を第2の入力ポートに入力された遅延ループ光路の出力端からの信号光と合波して出力ポートから出力し、分波手段に入力する。

【0015】また、請求項5記載の本発明は、請求項2記載の発明において、前記入力側合波手段が、前記遅延ループ光路の出力端からの信号光を分波する光分波用アレイ導波路格子、および前記入力用光路からの信号光と前記光分波用アレイ導波路格子からの信号光を合波する光合波用アレイ導波路格子を具備した光バケット挿入回路を有することを要旨とする。

【0016】請求項5記載の本発明にあっては、入力側合波手段は遅延ループ光路からの信号光を光分波用アレイ導波路格子で分波し、入力用光路からの信号光と光合波用アレイ導波路格子で合波し、分波手段に入力する。

【0017】更に、請求項6記載の本発明は、信号光が入力される入力用光路と、信号光を遅延させる遅延ループ光路と、信号光を出力する出力用光路と、前記入力用光路および前記遅延ループ光路の出力端からの信号光が入力され、信号光を前記遅延ループ光路の入力端または前記出力用光路に出力する光路切替手段とを有する光バケットバッファであって、前記光路切替手段は、複数の出力ポートを有し、前記遅延ループ光路の出力端から入力される信号光を分波し、信号光の波長に応じて所定の出力ポートに出力する分波手段と、該分波手段の複数の出力ポートの各々に接続され、該出力ポートから出力される信号光の波長を前記遅延ループ光路の入力端に出力するための第1の波長に変換するかまたは前記出力用光路に出力するための第2の波長に変換する複数の波長変換素子と、該複数の波長変換素子から出力される信号光および前記入力用光路からの信号光を合波して、信号光の波長が前記第1の波長である場合には前記遅延ループ光路の入力端に出力し、前記信号光の波長が前記第2の波長である場合には、前記出力用光路に出力する合波手段とを有することを要旨とする。

【0018】請求項6記載の本発明にあっては、入力用光路からの信号光を合波手段に入力して、遅延ループ光路に出力し、遅延ループ光路からの信号光を分波手段で分波し、信号光の波長に応じて所定の出力ポートに出力して、各波長変換素子に入力し、各波長変換素子で各信号光の波長を第1の波長または第2の波長に変換し、合波手段で各波長変換素子からの信号光を合波し、第1の波長の信号光は遅延ループ光路に出力し、第2の波長の信号光は出力用光路に出力するため、1つの光バケットが空間的に重なっても波長が必ずずれて混ざることがなく、遅延ループ光路の長さを1つの光バケットの長さよりも短くすることができ、小型化でき、更に任意長バケットにも対応可能である。

【0019】請求項7記載の本発明は、請求項1乃至6記載の発明において、前記分波手段のM番目の出力ポートに接続された波長変換素子の第1の波長が、M+1番目の出力ポートから出力される信号光の波長であることを要旨とする。

【0020】請求項7記載の本発明にあっては、分波手段のM番目の出力ポートに接続された波長変換素子の第1の波長は、M+1番目の出力ポートから出力される信号光の波長である。

【0021】また、請求項8記載の本発明は、請求項1乃至7のいずれかに記載の発明において、前記遅延ループ光路が、信号光を増幅する光増幅器を有することを要旨とする。

【0022】請求項8記載の本発明にあっては、遅延ループ光路においては光増幅器で信号光を増幅するため、遅延ループ光路における信号光の損失を補償し得るとともに、周回する毎に波長が変化し、光増幅器の発振が抑圧され、動作を安定化させることができる。

【0023】更に、請求項9記載の本発明は、請求項1乃至8のいずれかに記載の発明において、光バケットバッファが平面導波型光回路基板に集積されることを要旨とする。

【0024】請求項9記載の本発明にあっては、光バケットバッファは平面導波型光回路基板に集積されるため、遅延ループ光路も集積され、遅延ループ光路の長さをマスクにより精密に決定でき、光ファイバを用いた場合に比較して、長さの制御が極めて容易になるとともに、また屈折率の変化による遅延ループ光路の光路長の変化を防止するための温度調整も光ファイバに比較して極めて簡単になり、安定性も向上する。

【0025】請求項10記載の本発明は、請求項1乃至9のいずれかに記載の発明において、前記分波手段が、光分波用アレイ導波路格子を有することを要旨とする。

【0026】請求項10記載の本発明にあっては、分波手段は光分波用アレイ導波路格子である。

【0027】また、請求項11記載の本発明は、請求項1乃至10のいずれかに記載の発明において、前記合波手段が、光合波用アレイ導波路格子を有することを要旨とする。

【0028】請求項11記載の本発明にあっては、合波手段は光合波用アレイ導波路格子である。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明の第1の実施形態に係る光バケットバッファの構成を示す図である。図1において、101aは1番目の波長（以下、波長 λ_1 と記す）の光バケットを2番目の波長（以下、波長 λ_2 もしくは λ_2' と記す）に変換する波長変換素子、101bは波長 λ_2 の光バケットを3番目の波長（以下、波長 λ_3 もしくは λ_3' と記す）に変換する波長変換素子、1

01cは波長 λ_3 の光パケットを4番目の波長(以下、波長 λ_4 もしくは λ_4' と記す)に変換する波長変換素子、101dは波長 λ_4 の光パケットを5番目の波長(以下、波長 λ_5 もしくは λ_5' と記す)に変換する波長変換素子、102は遅延ループ光導波路、103は入力用光導波路、104は出力用光導波路、105は光分波用アレイ導波路格子、106は光合波用アレイ導波路格子、107a-dは光導波路、108a-dは光導波路、109は光カブラである。

【0030】入力用光導波路103から入力された波長 λ_1 の光パケットは、光カブラ109を通して光分波用アレイ導波路格子105に入力される。光分波用アレイ導波路格子105は4出力のアレイ導波路格子の例である。一般的にはN出力であるが、ここでは例としてN=4の場合について説明する。また、光分波用アレイ導波路格子105は、入力された光パケットの波長が λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の時にそれぞれ光導波路107a、107b、107c、107dに光パケットを振り分ける機能を持つ。波長 λ_1 の光パケットは光導波路107aへ出力され、次に波長変換素子101aに入力されるが、この時、図示しないパケット制御回路からバッファリング終了の制御信号が波長変換素子101aに届いていなければ、光パケットは波長変換素子101aにおいて波長 λ_2 に変換され、逆にパケット制御回路からバッファリング終了の制御信号が波長変換素子101aに届いていれば、光パケットは波長変換素子101aにおいて波長 λ_2' に変換される。なお、制御信号による変換波長の変更は、光パケットが波長変換素子を通していない時、すなわち光パケット間のガードタイム内に行われる。

【0031】波長変換素子101aから出力された光パケットは光導波路108aを通過し、光合波用アレイ導波路格子106に入力される。光合波用アレイ導波路格子106は、遅延ループ周回用出力ポート106aと、バッファリング終了用出力ポート106bの2つの出力ポートを有する。光合波用アレイ導波路格子106の入力ポートと波長の関係を図2に示す。なお、アレイ導波路格子の特性により、光合波用アレイ導波路格子106において同じ波長の光パケットであっても、異なる入力ポートから入力されると、異なる出力ポートから出力される。この例の場合、 $\lambda_2' = \lambda_3$ 、 $\lambda_3' = \lambda_4$ 、 $\lambda_4' = \lambda_5$ 、 $\lambda_5' = \lambda_6$ に設定すれば、バッファリングを継続する時に光パケットは遅延ループ周回用出力ポート106aに出力され、逆にバッファリングを終了する時はバッファリング終了用出力ポート106bに出力されることになる。

【0032】バッファリングを継続する時、波長 λ_1 の光パケットは遅延ループ周回用出力ポート106aに出力された後、遅延ループ光導波路102を一周する。再び光カブラ109を通して光分波用アレイ導波路格子1

05に入力されるが、波長が λ_2 になっているために光導波路107bへ出力される。次に波長変換素子101bに入力されるが、パケット制御回路からバッファリング終了の制御信号が波長変換素子101bに届いていなければ、光パケットは波長変換素子101bにおいて波長 λ_3 に変換され、光合波用アレイ導波路格子106の遅延ループ周回用出力ポート106aを通った後、再び遅延ループ光導波路102を一周する。逆にパケット制御回路からバッファリング終了の制御信号が波長変換素子101bに届いていれば、光パケットは波長変換素子101bにおいて波長 λ_3' に変換され、光合波用アレイ導波路格子106のバッファリング終了用出力ポート106bを通った後、出力用光導波路104へ出力される。

【0033】以上述べたように、バッファリングを継続する間、光パケットを遅延ループ光導波路内を周回させておくことにより、光パケットを電気に変換せずに光のまま所望の時間だけ蓄積する光パケットバッファリングが可能となる。

【0034】図3は、波長 λ_1 の光パケットを波長 λ_2 もしくは λ_2' の光パケットに変換する波長変換素子101aの一例を示す図であり、相互位相変調型(XPM)波長変換素子と一般に呼ばれているものである。111は発振波長が λ_2 の連続(CW)光源、112は発振波長が λ_2' の連続(CW)光源、113は光ゲートスイッチ、114は光ゲートスイッチ、115a、bは半導体光増幅器、116は光合波器、117a、b、cは多モード干渉(MMI)型カブラもしくは方向性結合器である。光合波器116として、アレイ導波路格子や光カブラを用いることができる。

【0035】波長 λ_1 の光パケットは、光導波路107aを通り、多モード干渉(MMI)型カブラもしくは方向性結合器117bに入射した後、半導体光増幅器115aに入射する。この時、波長 λ_1 の光パケットの各ビットのON/OFFに対応して半導体光増幅器115aの屈折率が変化する。

【0036】一方、パケット制御回路からの制御信号により、光ゲートスイッチ113、114のどちらか一方がONになり、残りがOFFになる。すなわち、一波のCW光が光合波器116から出力されることになる。CW光は多モード干渉(MMI)型カブラもしくは方向性結合器117aにより分岐され、半導体光増幅器115aおよび115bに入射された後、多モード干渉(MMI)型カブラもしくは方向性結合器117cにより再び合波される。すなわち、マッハツェンダ干渉計が形成されている。この時、半導体光増幅器115aの屈折率が波長 λ_1 の光パケットにより変調されているため、干渉路間の位相差が変化する。波長 λ_1 の光パケットのビットがON、OFFの時、干渉路間の位相差がそれぞれ $2g\pi$ 、 $(2h+1)\pi$ (g 、 h は整数)になるように設

定することにより、ONの時は干渉効果で強めであった波長 λ_2 もしくは λ_2' の光が出力され、OFFの時は干渉効果で弱めであった波長 λ_2 もしくは λ_2' の光が出力される。すなわち、波長 λ_1 の光パケットの持つ信号情報はそのまま、波長だけをCW光の発振波長 λ_2 もしくは λ_2' に変換された光パケットを光導波路108aから取り出すことが可能になる。

【0037】また、ここではXPM波長変換素子についてのみ説明したが、相互利得変調型(XGM)波長変換素子、四光波混合型(FWM)波長変換素子、レーザ発振抑圧型波長変換素子など、その他の手法を用いた波長変換素子を用いても構わない。なお、ここでは波長変換素子101aを例に取り説明したが、その他の波長変換素子101b-dにおいても波長が異なるだけでその他の点は全く同様である。

【0038】次に、具体的な数値を交えて、動作原理をより詳細に説明する。この説明では、 $\lambda_1 = 1565 \text{ nm}$ 、 $\lambda_2 = 1564.8 \text{ nm}$ 、 $\lambda_3 = 1564.6 \text{ nm}$ 、 $\lambda_4 = 1564.4 \text{ nm}$ 、 $\lambda_5 = 1564.2 \text{ nm}$ であるとする。光パケットが遅延ループ光導波路102を周回する様子を示したものが図4である。

【0039】光パケットのビット列は、周回を重ねるとともに波長が短くなるため、光パケットのビット列は、回転しながら波長の短い方に進んでゆく。そして、パケット制御回路からバッファリング終了の制御信号が、波長 λ_k もしくは λ_k' (k は $2 \leq k \leq 5$ を満たす整数)に変換する波長変換素子に、その光パケットの直前のガードタイム内に届いていれば、光パケットは波長 λ_k' に変換された後、バッファリング終了用出力ポート106bを通過し出力用光導波路104から取り出される。この方法によれば、1つのパケットの前後が空間的に重なっても、それらの波長が異なっているため、混ざり合うことがなく、遅延ループ光導波路102の長さを1つの光パケットの長さより短くすることも可能となるため、バッファの大きさを小型化することが可能となる。また、遅延ループ光導波路102の長さを、1つの光パケットの整数倍に設定する必要がないため、任意長のパケットにも対応可能である。

【0040】なお、図4を用いた説明においては、波長同士に規則的な関係がある場合を示したが、波長変換後に遅延ループ周回用出力ポート106aもしくはバッファリング終了用出力ポート106bへ出力するような波長であれば、特に規則的でなくてもよい。

【0041】次に、図5を参照して、本発明の第2の実施形態に係る光パケットバッファについて説明する。この第2の実施形態の光パケットバッファは、図1に示した第1の実施形態において光カブラ109を除去するとともに、1入力の光分波用アレイ導波路格子105の代わりに2入力の光分波用アレイ導波路格子205を使用し、この光分波用アレイ導波路格子205に入力用光導

波路103から入力される波長 λ_1 の光パケットと遅延ループ光導波路102から出力される光パケットを直接入力するように構成した点が異なるものであり、その他の構成および作用は同じであり、同じ構成要素には同じ符号が付されている。

【0042】光分波用アレイ導波路格子205に入力される入力用光導波路103からの波長 λ_1 の光パケットおよび遅延ループ光導波路102からの波長 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 、 λ_5 の光パケットは、光分波用アレイ導波路格子205に入力されると、各波長に応じて固有の出力ポート、すなわち光導波路107a、107b、107c、107dに接続された固有の出力ポートに振り分けられて出力されるようになっている。

【0043】このように構成される第2の実施形態においても、第1の実施形態の場合と同様に、バッファリングを継続している間、光パケットを遅延ループ光導波路102内で周回させておくことにより、光パケットを電気信号に変換せずに光のまま所望の時間だけ蓄積する光パケットバッファリングを実現することができる。

【0044】また、光遅延線ループである遅延ループ光導波路102の長さを1つの光パケットの長さよりも短くすることが可能となるため、バッファの大きさを小型化することが可能である。更に、任意長パケットにも対応可能である。

【0045】次に、図6を参照して、本発明の第3の実施形態に係る光パケットバッファについて説明する。この第3の実施形態の光パケットバッファは、図1に示した第1の実施形態において光カブラ109に代わりに波長 λ_1 の光パケット挿入回路309を設けた点が異なるものであり、その他の構成および作用は同じであり、同じ構成要素には同じ符号が付されている。

【0046】波長 λ_1 の光パケット挿入回路309は、波長 λ_1 の光パケットの入力部309a、波長 λ_1 以外の波長の光パケットの入力部309b、および出力部309cを有し、入力部309aから入った波長 λ_1 の光パケットと入力部309bから入った波長 λ_1 以外の光パケットを合波し、出力部309cから出力する。そして、入力部309aに入力された波長 λ_1 の光パケットは、光パケット挿入回路309の出力部309cから出力された後、遅延ループ光導波路102を通過して光分波用アレイ導波路格子105に入力される。以降の動作は図1に示す第1の実施形態の動作と同じである。

【0047】このように構成される第3の実施形態においても、第1の実施形態の場合と同様に、バッファリングを継続している間、光パケットを遅延ループ光導波路102内で周回させておくことにより、光パケットを電気信号に変換せずに光のまま所望の時間だけ蓄積する光パケットバッファリングを実現することができる。

【0048】また、光遅延線ループである遅延ループ光導波路102の長さを1つの光パケットの長さよりも短く

することが可能となるため、バッファの大きさを小型化することが可能である。更に、任意長バケットにも対応可能である。

【0049】次に、波長 λ_1 の光バケット挿入回路309の詳細について説明する。図7、図8および図9は、波長 λ_1 の光バケット挿入回路309の詳細な構成を示す図である。

【0050】まず、図7に示すマッハツェンダ干渉系と回折格子を具備した波長 λ_1 の光バケット挿入回路309について説明する。図7において、311は回折格子、312はマッハツェンダ干渉系である。回折格子311の反射波長を波長 λ_1 に設定し、かつ、マッハツェンダ干渉系312の干渉条件を適切に設定することにより、波長 λ_1 の光バケットの入力部309aから入った波長 λ_1 の光バケットと、入力部309bから入った波長 λ_1 以外の光バケットは出力部309cから取り出される。

【0051】回折格子311として、ファイバグレーティングがある。一般にゲルマニウムを添加したファイバコアに紫外線を照射すると、屈折率が增大する。この現象を利用して、屈折率に周期的変動を形成すると、そのブラッグ波長に一致する波長のみを反射し、残りの波長を透過するようなファイバグレーティングを形成することができる。

【0052】なお、回折格子311は、誘電体多層膜でもよい。誘電体多層膜による波長 λ_1 の反射の原理は、厚さが波長 λ_1 の4分の1である低屈折率媒体(SiO_2 など)と高屈折率媒体(TiO_2 など)の層を交互に重ねると、波長 λ_1 に対して高い反射率を持つ現象を利用するものである。

【0053】次に、図8に示すサーキュレータと回折格子を具備した波長 λ_1 の光バケット挿入回路309について説明する。図8において、321は回折格子、322はサーキュレータである。回折格子321の反射波長を波長 λ_1 に設定することにより、波長 λ_1 の光バケットの入力部309aから入った波長 λ_1 の光バケットと、入力部309bから入った波長 λ_1 以外の光バケットは出力部309cから取り出される。

【0054】次に、図9に示すアレイ導波路格子を具備した波長 λ_1 の光バケット挿入回路309について説明する。図9において、331は光合波用アレイ導波路格子、331aは波長 λ_1 の光バケットを入力するポート、332は光分波用アレイ導波路格子である。波長 λ_1 の光バケットの入力部309aから入った波長 λ_1 の光バケットは、光合波用アレイ導波路格子331の入力ポート331aに入力され、入力部309bから入った波長 λ_1 以外の光バケットは、光分波用アレイ導波路格子332で分波され、光合波用アレイ導波路格子331で波長 λ_1 の光バケットと合波され、出力部309cから取り出される。

【0055】次に、図10を参照して、本発明の第4の実施形態に係る光バケットバッファについて説明する。同図に示す第4の実施形態の光バケットバッファは、図5に示した第2の実施形態において波長 λ_1 の光バケットが入力される入力用光導波路103を光分波用アレイ導波路格子205の入力に接続する代わりに、波長 λ_1 の光バケットが入力される入力用光導波路103を入力用光導波路403として該入力用光導波路403を光合波用アレイ導波路格子406の入力に接続するとともに、この光合波用アレイ導波路格子406に入力された波長 λ_1 の光バケットを該光合波用アレイ導波路格子406の遅延ループ周回用出力ポート406-aから他の波長の光バケットと合波して出力するように構成している点が異なるものであり、その他の構成および作用は第2の実施形態と同じであり、同じ構成要素には同じ符号を付している。

【0056】入力用光導波路403から入力された波長 λ_1 の光バケットは、光合波用アレイ導波路格子406に入力される。光合波用アレイ導波路格子406は5入力のアレイ導波路格子の例である。一般的には $N+1$ 入力であるが、ここでは例として $N=4$ の場合について説明する。光合波用アレイ導波路格子406は、遅延ループ周回用出力ポート406aと、バッファリング終了用出力ポート406bの2つの出力ポートを持つ。光合波用アレイ導波路格子406の入力出力ポートと波長の関係の一例を図11に示す。この例の場合、入力用光導波路403から入射した波長 λ_1 の光バケットは、遅延ループ周回用出力ポート406aに出力される。次に遅延ループ光導波路102を1周した後、光分波用アレイ導波路格子105に入力される。

【0057】光分波用アレイ導波路格子105は、入力された光バケットの波長が λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 の時にそれぞれ光導波路107a、107b、107c、107dに光バケットを振り分ける機能を持つ。波長 λ_1 の光バケットは光導波路107aへ出力される。次に波長変換素子101aに入力されるが、この時、バケット制御回路からバッファリング終了の信号が波長変換素子101aに届いていなければ、光バケットは波長変換素子101aにおいて波長 λ_2 に変換され、逆にバケット制御回路からバッファリング終了の信号が波長変換素子101aに届いていれば、光バケットは波長変換素子101aにおいて波長 λ_2' に変換される。なお、制御信号による変換波長の変更は、光バケットが波長変換素子101aを通過していない時、すなわち光バケット間のガードタイム内に行われる。いずれにせよ、光バケットは光導波路108aを通過し、光合波用アレイ導波路格子406に入力される。光合波用アレイ導波路格子406の入力出力ポートと波長の関係が図11に示したものの場合、 $\lambda_2' = \lambda_3$ 、 $\lambda_3' = \lambda_4$ 、 $\lambda_4' = \lambda_5$ 、 $\lambda_5' = \lambda_6$ に設定すれば、バッファリングを継続する時に光バケ

ットは遅延ループ周回用出力ポート 406a に出力され、逆にバッファリングを終了する時はバッファリング終了用出力ポート 406b に出力されることになる。

【0058】バッファリングを継続する時、光パケットは遅延ループ周回用出力ポート 406a に出力された後、遅延ループ光導波路 102 を再び周回する。再び光分波用アレイ導波路格子 105 に入力されるが、波長が $\lambda 2$ になっているために光導波路 107b へ出力される。次に波長変換素子 101b に入力されるが、パケット制御回路からバッファリング終了の信号が波長変換素子 101b に届いていなければ、光パケットは波長変換素子 101b において波長 $\lambda 3$ に変換され、光合波用アレイ導波路格子 406 の遅延ループ周回用出力ポート 406a を通った後、再び遅延ループ光導波路 102 を一周する。逆にパケット制御回路からバッファリング終了の信号が波長変換素子 101b に届いていければ、光パケットは波長変換素子 101b において波長 $\lambda 3'$ に変換され、光合波用アレイ導波路格子 406 のバッファリング終了用出力ポート 406b を通った後、出力用光導波路 104 へ出力される。

【0059】このように構成される第 4 の実施形態においても、上述した各実施形態と同様に、バッファリングを継続している間、光パケットを遅延ループ光導波路 102 内で周回させておくことにより、光パケットを電気信号に変換せずに光のまま所望の時間だけ蓄積する光パケットバッファリングを実現することができる。

【0060】また、光遅延線ループである遅延ループ光導波路 102 の長さを 1 つの光パケットの長さよりも短くすることが可能となるため、バッファの大きさを小型化することが可能である。更に、任意長パケットにも対応可能である。

【0061】次に、図 12 を参照して、本発明の第 5 の実施形態に係る光パケットバッファについて説明する。同図に示す光パケットバッファは、図 1 に示した第 1 の実施形態の光パケットバッファの特に遅延ループ光導波路 102 が平面導波型光回路基板 501 上に作製したものであるが、光パケットバッファ全体を平面導波型光回路基板 501 上に集積、例えばモノリシック集積し得るものである。このように構成される光パケットバッファの動作は第 1 の実施形態のものと同一である。

【0062】このように構成される光パケットバッファは、第 1 の実施形態と同様に、遅延ループ光導波路 102 の長さを 1 つの光パケットの長さより短くすることも可能となるため、光パケットバッファの大きさを小型化・集積化することが可能となる。平面導波型光回路基板 501 上に遅延ループ光導波路 102 を作製する場合、遅延ループ光導波路 102 の長さは、作製時に用いるマスクにより精密に決定されるため、ファイバを用いたときと比べ、長さの制御が極めて容易になる。またこの場合、遅延ループ光導波路 102 が小型化・集積化された

ため、屈折率変化による遅延ループ光導波路の光路長の変化を防ぐための温度調整も、ファイバを用いた場合に比べ極めて容易となり、安定性も向上する。また、任意長パケットにも対応可能である。

【0063】なお、図 12 では、図 1 に示した第 1 の実施形態の光パケットバッファを平面導波型光回路基板 501 上に作製する場合について説明しているが、第 2 乃至第 4 の実施形態の光パケットバッファも同様に平面導波型光回路基板 501 上に作製することが可能なものであることは勿論のことである。

【0064】次に、図 13 を参照して、本発明の第 6 の実施形態に係る光パケットバッファについて説明する。同図に示す第 6 の実施形態の光パケットバッファは、図 1 に示した第 1 の実施形態において遅延ループ光導波路 102 の途中に光増幅器 601 を設け、この光増幅器 601 で光パケットを増幅することにより、その損失を補償しているものである。この光増幅器 601 は遅延ループ光導波路 102 内のどこに設けられてもよいものである。また、光増幅器 601 としては、光ファイバ増幅器、半導体光増幅器を使用することができる。

【0065】このように構成される第 6 の実施形態においても、他の実施形態と同様に、光遅延線ループである遅延ループ光導波路 102 の長さを 1 つの光パケットの長さよりも短くすることが可能となるため、バッファの大きさを小型化することが可能である。更に、任意長パケットにも対応可能である。また、周回する毎に波長が変化するため、光増幅器 601 の発振は抑制され、動作を安定させることができる。

【0066】なお、図 13 では、図 1 に示した第 1 の実施形態の光パケットバッファに光増幅器 601 を設けた場合について説明しているが、第 2 乃至第 4 の実施形態の光パケットバッファにも同様に光増幅器 601 を設けることが可能なものであることは勿論のことである。

【0067】次に、図 14 を参照して、本発明の第 7 の実施形態に係る光パケットバッファについて説明する。同図に示す第 7 の実施形態の光パケットバッファは、図 13 に示した光パケットバッファを平面導波型光回路基板 701 上に作製したものである。なお、図 13 で示した光増幅器 601 は光増幅器 702 として図示されている。

【0068】このように構成される第 7 の実施形態においても、他の実施形態と同様に、光遅延線ループである遅延ループ光導波路 102 の長さを 1 つの光パケットの長さよりも短くすることが可能となるため、バッファの大きさを小型化かつ集積化することが可能である。また、平面導波型光回路基板 701 上に遅延ループ光導波路 102 を作製する場合、遅延ループ光導波路 102 の長さは作製時に用いるマスクにより精密に決定されるため、ファイバを用いたときと比べ、長さの制御が極めて容易になる。またこの場合、遅延ループ光導波路 102

が集積化されたため、屈折率変化による遅延ループ光導波路の光路長の変化を防ぐための温度調整も、ファイバを用いた場合に比べ極めて容易となり、安定性も向上する。更に、任意長バケットにも対応可能である。また、周回する毎に波長が変化するため、光増幅器702の発振は抑制され、動作を安定させることができる。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、入力用光路からの信号光および遅延ループ光路からの信号光を分波し、波長に応じて所定の出力ポートに出力して各波長変換素子に入力し、各波長変換素子で各信号光の波長を第1の波長または第2の波長に変換し、合波手段で各波長変換素子からの信号光を合波し、第1の波長の信号光は遅延ループ光路に出力し、第2の波長の信号光は出力用光路に出力するので、1つの光バケットが空間的に重なっても波長が必ずずれて混ざることがなく、遅延ループ光路の長さを1つの光バケットの長さよりも短くすることができ、小型化でき、更に任意長バケットにも対応可能である。

【0070】また、本発明によれば、遅延ループ光路においては光増幅器で信号光を増幅するので、遅延ループ光路における信号光の損失を補償し得るとともに、周回する毎に波長が変化し、光増幅器の発振が抑圧され、動作を安定化させることができる。

【0071】更に、本発明によれば、光バケットバッファは平面導波型光回路基板に集積されるので、遅延ループ光路の長さをマスクにより精密に決定でき、光ファイバを用いた場合に比較して、長さの制御が極めて容易になるとともに、また屈折率の変化による遅延ループ光路の光路長の変化を防止するための温度調整も光ファイバに比較して極めて簡単になり、安定性も向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る光バケットバッファの構成を示す図である。

【図2】図1に示す第1の実施形態の光バケットバッファにおける光合波用アレイ導波路格子の入力出ポートと波長との関係を示す図である。

【図3】図1の光バケットバッファに使用されている波長変換素子の詳細な構成を示す図である。

【図4】図1の光バケットバッファの動作原理を示す図である。

【図5】本発明の第2の実施形態に係る光バケットバッファの構成を示す図である。

【図6】本発明の第3の実施形態に係る光バケットバッファの構成を示す図である。

【図7】図6に示す光バケットバッファに使用されている波長 λ_1 の光バケット挿入回路の構成を示す図である。

【図8】図6に示す光バケットバッファに使用されている波長 λ_1 の光バケット挿入回路の別の構成を示す図である。

【図9】図6に示す光バケットバッファに使用されている波長 λ_1 の光バケット挿入回路の他の構成を示す図である。

【図10】本発明の第4の実施形態に係る光バケットバッファの構成を示す図である。

【図11】図10に示す第4の実施形態の光バケットバッファにおける光合波用アレイ導波路格子の入力出ポートと波長との関係を示す図である。

【図12】本発明の第5の実施形態に係る光バケットバッファの構成を示す図である。

【図13】本発明の第6の実施形態に係る光バケットバッファの構成を示す図である。

【図14】本発明の第7の実施形態に係る光バケットバッファの構成を示す図である。

【図15】従来の巡回型光バケットバッファの構成を示す図である。

【符号の説明】

101a, 101b, 101c, 101d 波長変換素子

102 遅延ループ光導波路

103 入力用光導波路

104 出力用光導波路

105, 205, 332 光分波用アレイ導波路格子

106, 331, 406 光合波用アレイ導波路格子

109 光カブラ

309 波長 λ_1 の光バケット挿入回路

311, 321 回折格子

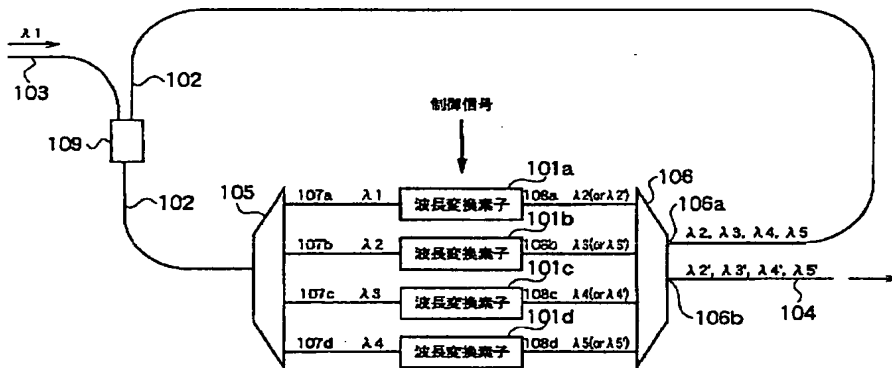
312 マッハツェンダ干渉系

322 サーキュレータ

501, 701 平面導波型光回路基板

601, 702 光増幅器

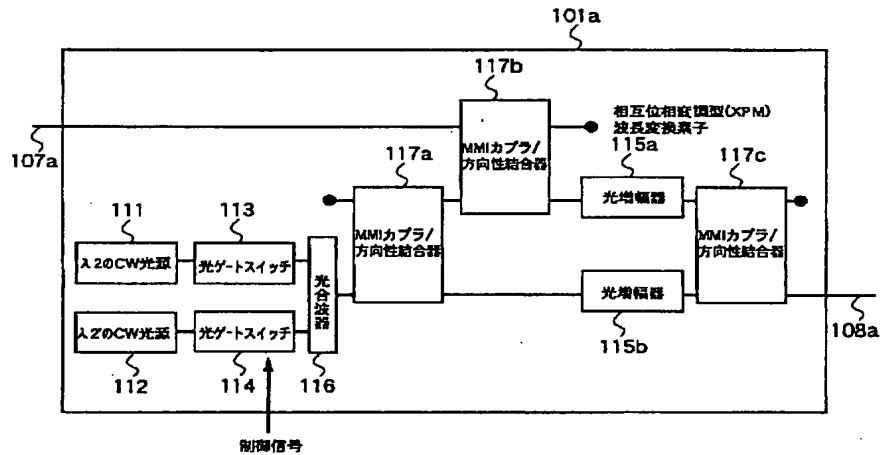
【図1】



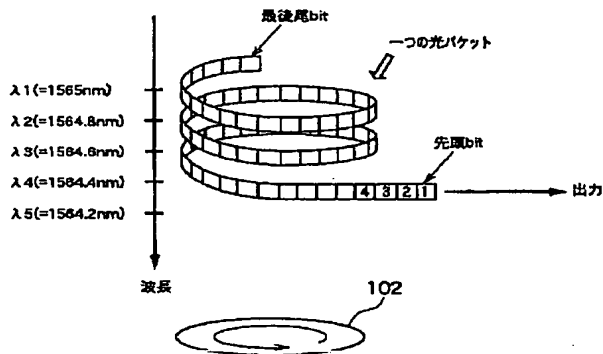
【図2】

出力ポート			
		108b	108a
入力ポート	108a	λ3	λ2
	108b	λ4	λ3
	108c	λ5	λ4
	108d	λ6	λ5

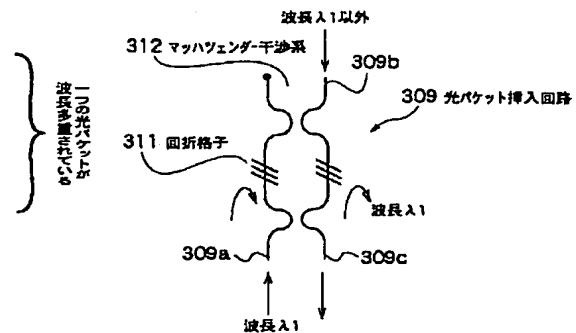
【図3】



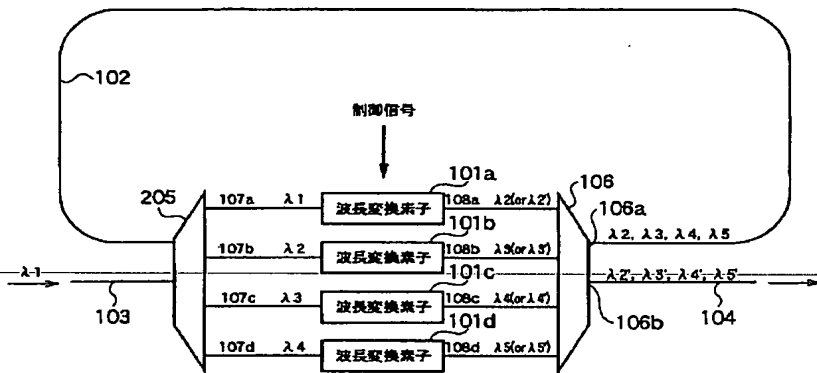
【図4】



【図7】



【図5】

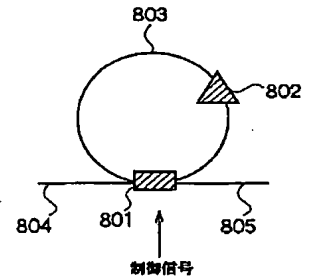


【図11】

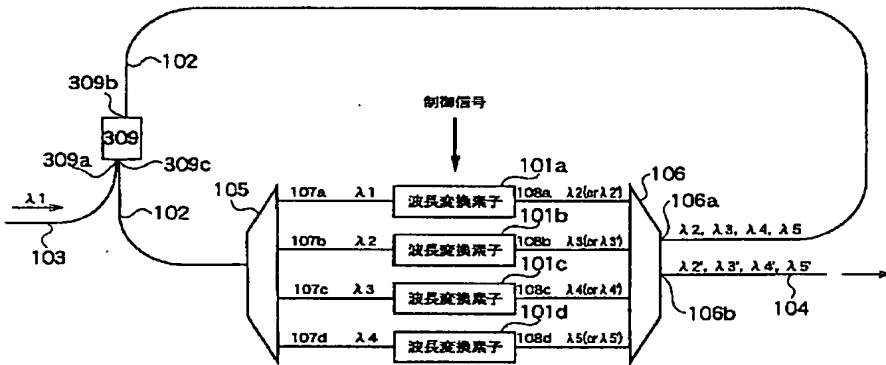
出力ポート		406b	406a
403		λ2	λ1
108a		λ3	λ2
108b		λ4	λ3
108c		λ5	λ4
108d		λ6	λ5

入力ポート

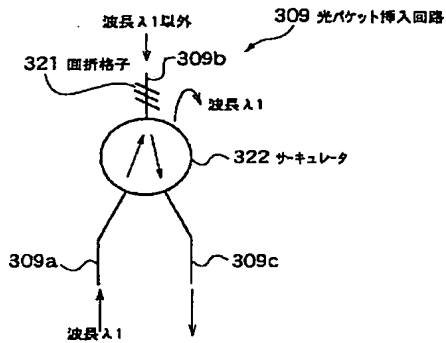
【図15】



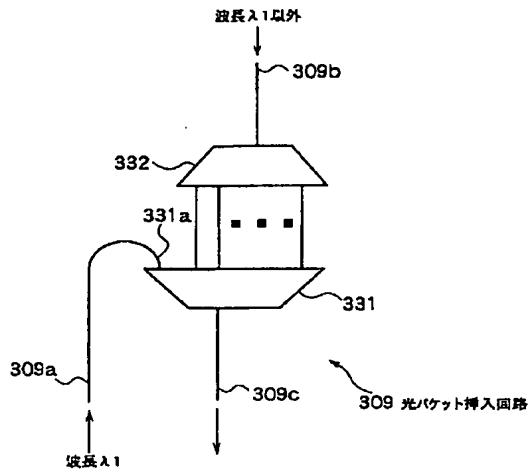
【図6】



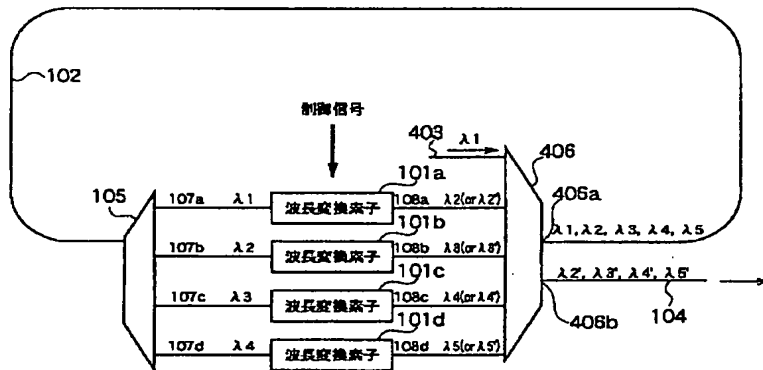
【図8】



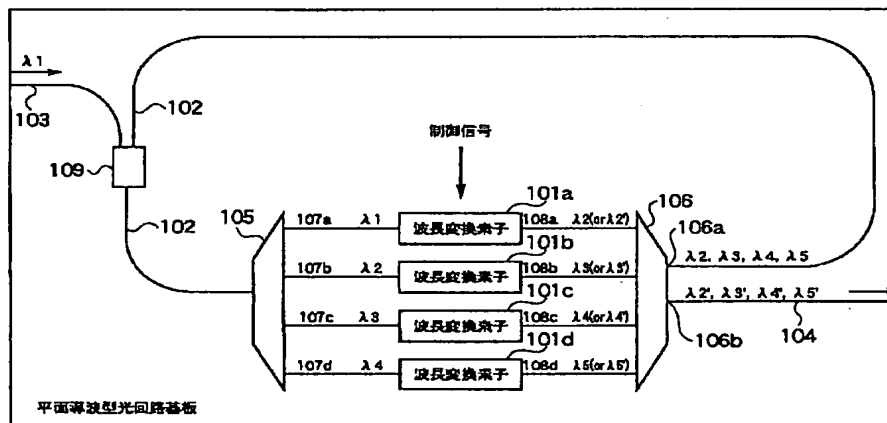
【図9】



【図 10】



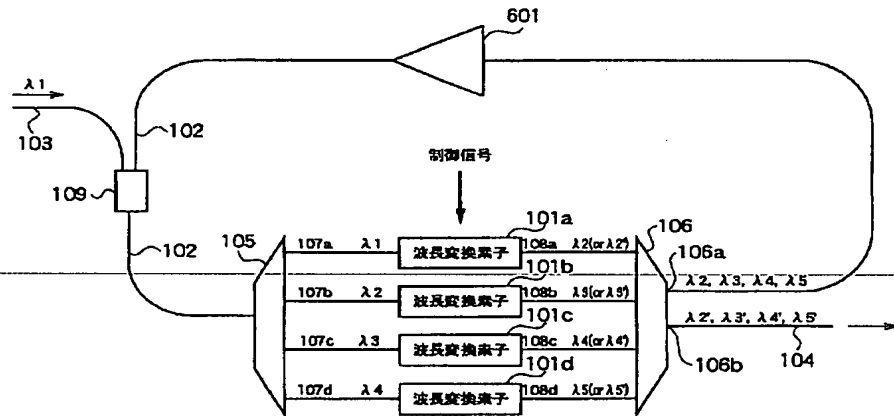
【図 12】



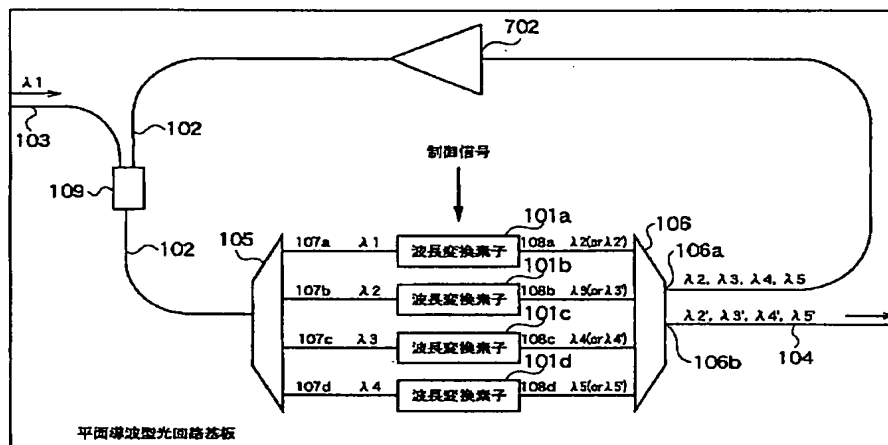
(13)

特開2001-264825

【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 野口 一人
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 岡田 顕
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 加藤 和利
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 界 義久
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 伊藤 敏夫
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 2K002 AA02 AB12 BA01 EA28 EA29
HA01
5K002 BA02 BA05 BA07 DA02 DA05
5K030 GA05 HA08 HC14 JL03 KA03
LA17
9A001 BB06 CC02 CC08 KK16